ZEITSCHRIFT
für
Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie)
und
Pflanzenschutz
mit besonderer Berücksichtigung der Krankheiten
von landwirtschaftlichen, forstlichen und gärtnerischen Kulturpflanzen.

42. Jahrgang. **Juni 1932** Heft 6.

## Originalabhandlungen.

# Über die Brauchbarkeit der spektroskopischen Phäophytinprobe in der Rauchschaden-Diagnostik.

Von Dr. Wilhelm Dörries (Berlin-Dahlem).

Mit 3 Abbildungen.

Aus der Biologischen Abteilung der Preußischen Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene in Berlin-Dahlem.

### I.

Die makroskopischen und mikroskopischen Symptome der Beschädigungen chlorophyllführender pflanzlicher Gewebe durch saure Rauchgase (im folgenden soll vorwiegend von Beschädigungen durch Schwefeldioxyd und auch nur soweit es sich um sogen. akute Rauchschäden handelt die Rede sein) sind bekanntlich im allgemeinen wenig spezifisch. Es mußte daher seit Jahrzehnten in der Rauchschadenliteratur immer wieder darauf hingewiesen werden, zu welchen Irrtümern es führen würde, wollte man die Diagnose „Rauchschaden" lediglich oder auch nur hauptsächlich auf diesen Merkmalen aufbauen. Näheres Eingehen auf die Gründe, die vor einer Überbewertung solcher Erscheinungen warnen sollten, ist hier überflüssig, zumal eine Literaturzusammenstellung hierüber, die sich zugleich an die an der Rauchschadenfrage praktisch interessierten Kreise wendet, vor kurzem an anderer Stelle erschienen ist (W. Dörries [1]).

Bei dieser Sachlage gewann schon frühzeitig die Methode der analytischen Bestimmung des Schwefelgehaltes der beschädigten Blattorgane an Bedeutung, die voraussetzt, daß die mit $SO_2$-haltiger Luft in Berührung kommenden Blätter meßbare und im Laufe der Vegetationsperiode wachsende Mengen Schwefel in irgendeiner Form speichern können. Ist auch die Stellungnahme der Rauchschadenliteratur gegenüber dem Wert der chemischen Analyse zur Beurteilung

von akuten Rauchschäden keineswegs einheitlich — noch vor kurzem haben u. a. F. Beran und P. Reckendorfer (2) sich gegen ihre Brauchbarkeit bei periodischen, zu stärkeren Schädigungen an Koniferen führenden Begasungen ausgesprochen — so müssen offenbar die Bedenken gegen die analytischen Methoden stärker werden, wenn die Ergebnisse der neueren physiologisch-chemischen Untersuchungen Kurt Noacks (3, 3a) und seiner Schule über das Chlorophyll, den Assimilationsvorgang und die chemische Beeinflußbarkeit beider durch Assimilationsgifte in den Kreis der Betrachtung gezogen werden.

Hiernach wirkt die schweflige Säure, ebenso wie eine Reihe anderer Assimilationsgifte, in folgender Weise auf chlorophyllführende, lebende Zellen:

In den Assimilationsvorgang selbst greift die schweflige Säure so ein, daß die katalytischen Eigenschaften des Chloroplasteneisens aufgehoben werden. Der wasserlösliche Anteil des Eisens in der Zelle wird vermehrt, im Maximum auf das Doppelte, d. h. von etwa 6—7% auf etwa 12%, bezogen auf das Gesamteisen der Zelle, und zwar derart (was in diesem Zusammenhange besonders wichtig ist), daß die Erhöhung in entsprechender Beziehung zum Vergiftungsgrad steht. Dieses nunmehr wasserlösliche Eisen war vorher mindestens zum Teil Chloroplasteneisen, was Grießmeyer (4) durch Hämatoxylin-Farbreaktionen wahrscheinlich macht. Gewisse schwache Konzentrationen der schwefligen Säure, die unterhalb der toxischen Minimalkonzentration liegen, bewirken eine starke Stimulation des Assimilationsgaswechsels (O. Wehner [5]).

Eine weitere Folge der Abbindung des katalytischen Chloroplasteneisens durch die schweflige Säure tritt nun an den Chlorophyllfarbstoffen in Erscheinung. Bei währender Belichtung wird nämlich die photochemische Energie des Chlorophylls von ihrem normalen Akzeptor, dem Kohlendioxyd, abgelenkt und zu einem photooxydativen Angriff auf die Chlorophyllfarbstoffe selbst, aber auch auf das Zellplasma geführt. Hierbei tritt dann Ausbleichen der Chlorophyllfarbstoffe und Zelltod unter meßbarem Sauerstoffverbrauch ein.

Die Konzentrationen an schwefliger Säure, die in die chlorophyllführende pflanzliche Zelle eindringen müssen, um die beschriebenen Erscheinungen auslösen zu können, sind vergleichsweise sehr gering. Daß sie von Pflanzenart zu Pflanzenart und auch je nach dem physiologischen Zustand der betroffenen Zellen verschieden sind, ist bekannt. Jedenfalls dürften aber die Schädigungen der Farbstoffe und des Zellplasmas bereits bei Konzentrationen auftreten, die weit geringer sind, als sie bei der gravimetrischen Methode der Schwefelbestimmung faßbar werden können. Hiermit dürfte wahrscheinlich gemacht sein, daß bei akuten Beschädigungen durch saure Rauchgase eine gravimetrisch

nachweisbare Erhöhung der Blattschwefelwerte nicht zu erwarten sein kann. Wird sie trotzdem gefunden, dann können die vermehrten Schwefelmengen falls man die gravimetrische Schwefelbestimmung in Pflanzenaschen überhaupt für genügend sicher halten will, jedenfalls nicht auf dem Luftwege in die chlorophyllführenden Organe gelangt sein, womit der Wert der chemischen Analyse zur Beurteilung akuter Rauchschäden höchst zweifelhaft wird.

## II.

Waren somit sowohl makroskopische und mikroskopische Merkmale, als auch gravimetrisch gewonnene Blattschwefelwerte, weder für sich allein, noch miteinander in Beziehung gesetzt, imstande, der Diagnose „Rauchschaden“ den erforderlichen Grad der Sicherheit zu geben, so schien es geboten zu sein, nach anderen Kennzeichen zu suchen.

Entsprechend der Säurenatur der schwefligen Säure darf, hinreichende Konzentrationen und die Möglichkeit des Eindringens in die Pflanze (geöffnete Stomata) vorausgesetzt, mit Wasserstoffionenwirkung auf die Chlorophyllfarbstoffe gerechnet werden (M. Röben und W. Dörries [6]). Die Säureempfindlichkeit der grünen Blattfarbstoffe ist seit vielen Jahrzehnten bekannt und in der ausgedehnten Chlorophyll-Literatur behandelt worden. Die ältere Literatur benutzt verschiedene Bezeichnungen für die Säureumwandlungsprodukte, wie „Chlorophyllan“, „Phyllocyanin“, „modifiziertes Chlorophyll“ u. a. Erst Willstätter (7, 8) und seinen Mitarbeitern gelang die chemische Identifizierung der durch Säureeinwirkung entstehenden Derivate des Chlorophylls (a und b), die er Phäophytin (a und b) nannte. Die Phäophytine entstehen danach durch quantitative Abspaltung des komplex gebundenen Magnesiums aus dem Chlorophyllmolekül, wobei das Magnesium durch Wasserstoff ersetzt wird. Hierbei schlägt die grüne Farbe in eine braune um, und das Absorptionsspektrum des resultierenden Phäophytins zeigt, was diagnostisch bedeutungsvoll ist, einige charakteristische Änderungen gegenüber dem Absorptionsspektrum des unveränderten Chlorophylls. Besonders auffallend ist eine starke Absorption im Grün, vor der Fraunhoferschen Linie E, die im folgenden kurz als „Phäophytinbande“ bezeichnet werden möge.

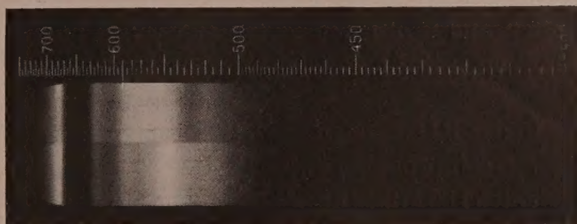


Abb. 1. (Nach W. Dörries [19]).

Zur Veranschaulichung der beiden Absorptionsspektren diene Abb. 1.

Die an der Wellenlängenskala liegende Bildhälfte ist das Absorptionsspektrum eines Acetonextraktes aus Blättern von *Sambucus nigra*, die durch die sauren Abgase einer chemischen Fabrik beschädigt worden waren. Nur ein Teil der Blattfläche wies Verfärbungen und Fleckenbildungen auf, deshalb ist das Spektrum des Extraktes also weder ein reines Chlorophyll-, noch ein reines Phäophytinspektrum. Die untere Bildhälfte ist das Spektrum eines Extraktes aus unbeschädigten Blättern von *Sambucus nigra*, demnach von „Rohchlorophyll", d. h. grünen und gelben Blattfarbstoffen zusammen. Beide Extrakte waren schön grün gefärbt und für das bloße Auge in ihrer Farbnuance kaum unterscheidbar. Ist der Phäophytin-Anteil im Extrakt größer als im vorliegenden Falle, dann macht sich das an einer mehr olivbraunen bis braungrünen Färbung kenntlich. Die Phäophytinbande der Abb. 1 liegt, wie man sieht, etwa zwischen 525 $\mu\mu$ und 535 $\mu\mu$. Die photographische Aufnahme wurde mit dem Handspektrographen mit Reagensglaskondensor von Zeiß auf Agfa-Pan-Platte hergestellt (Schichtdicke im Reagensglaskondensor 1½ cm, Konzentration der Extrakte entsprechend den nahezu vollständig mit Aceton (85 %) extrahierten Farbstoffen aus je 2 g trockenen Blättern und nachfolgender 5-facher Verdünnung mit Aceton (85 %).

III.

In der Rauchschaden-Diagnostik ist bisher von der spektroskopischen Phäophytinprobe wenig Gebrauch gemacht worden. F. W. Oliver (9) berichtet 1893 über die Anwendung dieser Methode, die ihm dann positive Ergebnisse lieferte, wenn er vorher Chlorophyllan (= Phäophytin) mikroskopisch in Blattquerschnitten nachweisen konnte. J. Stoklasa (10, S. 146) findet, daß die „infolge der Einwirkung von $SO_2$ auf das Chlorophyll eingetretene Änderung des Absorptionsspektrums analog jener ist, die durch den Einfluß der Säuren in den Chlorophyllextrakten entsteht". Auch an einigen anderen Stellen seines Buches ist die Anwendung des Spektroskops erwähnt. H. Wislicenus (11, S. 55) benutzt das Spektroskop zur Beobachtung der Zersetzung einer alkoholischen Chlorophyllösung durch schweflige Säure.

Eine mikroskopisch-histochemische Phäophytinreaktion wird (im Anschluß an N. Pringsheim) von Molisch (12, S. 249), ebenso von G. Klein (13, S. 55) angegeben, wohl dieselbe, die auch Oliver (s. o.) ausgeführt hat.

Eingehendere Untersuchungen jedenfalls über die Frage der Brauchbarkeit der spektroskopischen Phäophytinprobe bei akuten Rauchschäden fehlen also bisher. Deshalb schien es wünschenswert zu sein zu prüfen,

1. ob bei experimentellen Begasungen Phäophytinbildung zu erzielen sei,

2. ob bei Beschädigungen in der freien Natur, die zweifellos auf keine andere Ursache als auf saure Rauchgase zurückzuführen sind, Phäophytin auftrete,
3. ob bei Beschädigungen in der freien Natur, die zweifellos durch saure Rauchgase verursacht sind, Phäophytin nicht zu beobachten sei,
4. ob bei Verfärbungen und Fleckenbildungen, die mit Sicherheit nicht durch saure Rauchgase bedingt sind, Phäophytin nachweisbar sei.

Zu 1. Die Begasungsversuche im Laboratorium sollten vorwiegend orientierender Art sein. Deshalb wurde auf die Innehaltung bestimmter Gaskonzentrationen geringerer Wert gelegt. Im allgemeinen wurden die Versuchsobjekte unter geräumiger Glasglocke, deren Luftfeuchtigkeitsgehalt durch Auslegen mit angefeuchtetem Fließpapier hoch gehalten wurde, stärkeren Konzentrationen saurer Gase im Licht ausgesetzt. Neben Schwefeldioxyd kamen vergleichsweise noch nitrose Gase, Salzsäure- und Flußsäuredämpfe in Anwendung, letztere im Freilandversuch mit *Aesculus* ohne Glasglocke.

Nachdem an den Blattorganen mehr oder weniger starke Verfärbungen von meist olivbrauner Farbe sichtbar geworden waren, kam ein Teil längere Zeit in säurefreie Luft (am Südfenster des Laboratoriums in Wasser stehend), ein anderer Teil wurde trocken aufbewahrt. Von den erstgenannten Proben wurden dann je etwa 10 g nach Willstätter mit 40 ccm Aceton extrahiert. Der Extrakt wurde 5-fach mit Aceton verdünnt und dann in 1 cm Schichtdicke spektroskopiert. Zur Extraktion der getrockneten Proben wurden je etwa 2 g Blattsubstanz mit 40 ccm Aceton (85 %) extrahiert, fünffach mit Aceton (85 %) verdünnt und dann spektroskopiert. Aus der großen Zahl der geprüften Objekte seien folgende genannt: *Pinus silvestris*, *Picea excelsa*, *Abies alba*, *Taxus baccata*, *Quercus*-Arten, *Aesculus*, *Sambucus*, *Ligustrum*, *Tilia*, *Ulmus*, *Hedera*, *Ampelopsis*, *Rosa*, *Ribes*, *Berberis*, *Chlorophytum*, zahlreiche Gramineen u. a. m.

In allen diesen Fällen wurde im Spektroskop (Handspektroskop mit Wellenlängenskala Modell C von Zeiß) die charakteristische Phäophytinbande festgestellt.

Zu 2. Weiterhin war nun zu prüfen, ob bei Beschädigungen durch schweflige Säure in der freien Natur Phäophytin nachzuweisen sei. Aus einer größeren Zahl von Beobachtungen an Ort und Stelle, in der Nähe von Betrieben, die schweflige Säure als Abgase in die umgebende Luft entlassen, seien die folgenden genannt.

In der Nachbarschaft zweier Metallhütten, die sulfidische Erze in sogenannter Haufenröstung im Freien rösten, war schweflige Säure außerordentlich stark bemerkbar (Auslösung von Hustenreiz, Geschmack

nach $SO_2$). Es handelte sich also um starke Konzentrationen. Dementsprechend waren die Wirkungen auf die Vegetation: durch alle Abstufungen der oft beschriebenen Beschädigungen bis zu völligen Verbrennungen und Zerstörungen. Von folgenden Pflanzenarten wurden Proben gesammelt (am 6. 6. 30): *Ribes rubrum*, *R. grossularia*, *Fragaria*, *Rheum*, *Prunus domestica*, *Pirus malus*, verschiedene Gartenzierpflanzen, *Polygonum Sieboldi*, *Prunus cerasus*, *Betula*, *Crataegus*, *Syringa*, *Sambucus*, *Acer*, *Pinus silvestris*, *Picea excelsa*, und von Getreidefeldern: Weizen, Hafer und Roggen.

Alle Proben der aufgezählten Objekte zeigten die Phäophytinbande. Nach Lage der örtlichen Verhältnisse darf es als absolut ausgeschlossen gelten, daß in diesem Falle irgend etwas anderes als schweflige Säure als Schadensursache in Betracht gezogen werden kann.

Die zweite Beobachtung und Probenahme (am 30. 5. 31) bezieht sich auf die Nähe einer seit längerer Zeit brennenden Halde[1]) eines Steinkohlenbergwerks[2]). Neben schwefliger Säure, deren Wirkungen sich auch hier in verheerender Weise kenntlich machten, kommen vielleicht noch Einflüsse von Schwefelwasserstoff in Frage. Die Halde war von Forsten umgeben, hauptsächlich von Kiefernbeständen, mit einigen Laubhölzern, besonders an den Wegen, untermischt. Folgende Proben wurden gesammelt:

*Fagus silvatica* (braun geränderte Blätter, Interkostalfelder teilweise braunfleckig),
*Alnus glutinosa* (dunkelbraune bis rotbraune Flecken und Blattränder),
*Betula verrucosa* (hellbraungeränderte Blätter mit einzelnen braunen Flecken auf der Spreite),
*Calluna vulgaris* (starke bräunliche Verfärbungen),
*Erica tetralix* (desgl.),
*Pinus silvestris* (fahle bis olivbraune Nadeln, in unmittelbarer Nähe der Halde völlige Braunfärbung und Zerstörung),
*Juniperus communis* (hellbraune bis braune Verfärbungen),
*Polytrichum commune* (braune Spitzenblätter).

Recht auffällig war auch hier die oft beobachtete und beschriebene große Widerstandsfähigkeit der Eichenblätter, besonders an Stockausschlägen. Inmitten der völlig zerstörten übrigen Vegetation in nächster Nähe der Halde wiesen die Eichenblätter keinerlei äußerlich wahrnehmbare Beschädigungen auf.

[1]) Die Halde besteht aus Rückständen der Kohleaufbereitung.

[2]) Herrn Dr. P. Kotthoff in Münster (Westf.) danke ich herzlichst für den Hinweis auf die brennende Halde und für die freundlichst übernommene Führung an Ort und Stelle.

Mit Ausnahme der zuletzt genannten Eichenblätter wurde bei allen anderen Objekten die Phäophytinbande festgestellt.

Die dritte Beobachtung aus der unmittelbaren Nähe einer Braunkohlenschwelerei verdanke ich einer freundlichen Mitteilung des wissenschaftlichen Mitgliedes der Landesanstalt, Herrn Dr. W. Liesegang, der zufällig in der Nähe des Werkes mit chemischen Arbeiten beschäftigt war[1]). Infolge einer plötzlich aufgetretenen Betriebsstörung verbreitete sich schweflige Säure so stark in der Nachbarschaft, daß „sie bei der Probenahme zu schmecken war“ (Liesegang, brieflich am 8. 7. 31). Während am Tage vorher (7. 7. 31) keinerlei auffallende Veränderungen der Vegetation zu bemerken gewesen waren, beobachtete er am 8. 7., vormittags, folgendes: Auf einem Zuckerrübenfelde waren in größerem Umfange (mehrere Morgen) die Rübenblätter völlig in sich zusammengesunken. Die Interkostalfelder der Blätter waren hellbraun, die Blattränder olivbraun verfärbt. In einem daneben gelegenen Weizenfelde sah er an einem etwa 25 m breiten Feldstreifen die Weizenpflanzen an den Ähren beschädigt, während an den Halmblättern Veränderungen nicht zu bemerken waren. Die Hüllspelzen des Weizens waren an der Basis hellbraun verfärbt, an der Spitze völlig gebleicht. An einem Haferfelde waren in der beschädigten Zone die Hüllspelzen an der Basis noch grün, in der Mitte hellbraun, an der Spitze weiß. Bei Kartoffeln wurden dunkel-olivbraune Blätter gesammelt. Wildflora an den Feldrändern: *Polygonum persicaria* (Interkostalfelder olivbraun); *Polygonum Convolvulus* (scharf umschriebene, rundliche, braune Flecken der Interkostalfelder); *Polygonum aviculare* (hellbraune Flecken); *Sonchus asper* (dunkelolivbraune Blätter).

Sämtliche Proben zeigten im Spektroskop starke Phäophytinbanden, während Extrakte aus unbeschädigten Blättern derselben Pflanzenarten keinerlei Veränderung des normalen Rohchlorophyll-Spektrums erkennen ließen.

Diese drei besonders drastischen Fälle von Rauchbeschädigung wären gewiß auch ohne die spektroskopische Phäophytinprobe zu diagnostizieren gewesen. Sie werden hier nur deshalb mitgeteilt, weil sie einwandfrei durch schweflige Säure geschädigtes Material lieferten. Die Schwierigkeiten der Diagnose und die Möglichkeit von Verwechslungen und Irrtümern liegen natürlich dann vor, wenn die Beschädigungen weniger deutlich auf die Ursache zu schließen erlauben.

Zu 3. Eine weitere wichtige Frage ist nun die, ob akute Rauchschäden, die zweifellos durch schweflige Säure verursacht worden sind, in der freien Natur vorkommen, ohne daß Phäophytinbildung

[1]) Herrn Dr. W. Liesegang bin ich für die freundliche Überlassung der Beobachtungen und die sorgfältige Probenahme der beschädigten Objekte zu herzlichem Dank verpflichtet.

nachzuweisen ist. Derartige Beobachtungen wurden am 6. 6. 30 in der Umgebung der erwähnten Metallhütten gemacht. Wir fanden an Getreidepflanzen (Weizen, Hafer) in großer Ausdehnung völlige oder teilweise Ausbleichung der Blätter. Ähnliche Ausbleichungen hatten Blätter von Wildgräsern aufzuweisen und an Meerrettichblättern sahen wir fleckenweise gebleichte Stellen. In der Rauchschadenliteratur wird beschrieben, daß manche Pflanzenarten zu Bleichungen neigen. V. Schroeder und Reuß (14) schreiben (S. 159): „Bei schwacher Beschädigung werden die Blätter der Laubhölzer fahl, bleichen aus und bleiben oft kümmerlich und klein. Bei verstärkter Einwirkung erhalten sie rotbraune Flecken und Spitzen und welken ab. Ähnlich verhalten sich die Nadelhölzer. Bei schwacher Schädigung werden die Nadeln, zumal die älteren, fahl, mißfarbig, schmutzig-grün und zwar zunächst auf der Oberseite, die dem Rauch ausgesetzt war . . .“. Experimentell wurden von uns an *Trifolium pratense* und *Pisum sativum* gebleichte Flecken erzielt bei Begasung mit Schwefeldioxyd im Licht. M. Röben und W. Dörries (6) berichten über Bleichungen an *Elodea canadensis* bei Einwirkung schwächerer Säurekonzentrationen, dagegen über Bräunungen (Phäophytinbildung) unter dem Einfluß stärkerer Konzentrationen.

Die spektroskopische Phäophytinprobe muß natürlich dann versagen, wenn keinerlei Farbstoffe mehr vorhanden sind, da unter diesen Umständen ein Absorptionsspektrum nicht entstehen kann. Immerhin wäre vielleicht zu erwarten, daß in den noch grünen, der Bleichung entgangenen Teilen der Blätter Phäophytin zu erkennen sein könnte. Das war, mit wenigen zweifelhaft gebliebenen Ausnahmen, in allen geprüften Fällen nicht der Fall.

Zu 4. Für die Brauchbarkeit der spektroskopischen Phäophytinprobe in der Diagnostik akuter Rauchschäden ist offenbar die Frage wesentlich, ob Einflüsse äußerer Faktoren, die nichts mit sauren Rauchgasen zu tun haben, und ob innere Vorgänge physiologischer Art Phäophytinbildung hervorrufen können. Verfärbungserscheinungen, die nach parasitären Eingriffen sich einstellen, bleiben hier zunächst außer Betracht.

Unter vielen Hunderten im Laufe zweier Vegetationsperioden (1930 und 1931) auf Phäophytin geprüften Blattproben mit Verfärbungserscheinungen, die aus rauchfreier Gegend stammten, wurden zwei gefunden, die bisher nicht aufgeklärt werden konnten. Der eine Fall betraf eine in der Nähe eines Altwassers der mittleren Elbe, nicht weit vom Deich entfernt, isoliert stehende Esche (*Fraxinus excelsior*). Die Blätter waren olivgrün verfärbt und zwar nicht fleckenweise, sondern diffus über die ganze Blattspreite hin (beobachtet am 18. 9. 31). In mehreren daraufhin geprüften Blättern war die Phäophytinbande zu

beobachten. Wie der Augenschein ergab, waren viele Blätter verletzt, offenbar nicht durch Fraß, sondern vielleicht mechanisch durch Windwirkung. Genaueres über die Ursache der Verletzung und der Verfärbung war nicht zu ermitteln, parasitäre Einflüsse scheinen jedenfalls ausgeschlossen gewesen zu sein. In einiger Entfernung stehende Eschen zeigten keinerlei Veränderung des normalen Chlorophyllspektrums. Auch war an der benachbarten Wildflora nichts von Phäophytinbildung zu bemerken.

Ferner harrt noch der Aufklärung die nachgewiesene Phäophytinbildung an einem älteren Ahorn von einem freien Platz einer mitteldeutschen Stadt (beobachtet am 5. 8. 31). Fast alle Blätter des Baumes waren über die ganze Spreite hin braun verfärbt, scharf umschriebene Flecken oder Blattränderung fehlte. In der Nachbarschaft stehende (jüngere) Ahornbäume, deren Blätter teilweise braun gefleckt waren, hatten kein Phäophytin gebildet. Auch hier gelang es nicht, parasitäre Einflüsse nachzuweisen, so daß, da saure Rauchgase nach Lage der örtlichen Verhältnisse kaum für die starke Beeinflussung verantwortlich zu machen waren, der Fall unaufgeklärt bleiben muß.

Im ungeschädigten Blatt sind die Chlorophyllfarbstoffe gegen die bei manchen Pflanzen oft sehr sauren Zellsäfte des eigenen Zellinhaltes geschützt. Wird die Struktur des Plasmas, in das die Chloroplasten eingebettet sind, zerstört, dann erliegt das Chlorophyll dem Säureangriff. Hierauf hat zuerst J. Wiesner (15) 1876 aufmerksam gemacht.

Durch siedendes Wasser und durch Kälte (in Kältemischung z. B.) erhielt er an Blättern von *Oxalis acetosella* Braunfärbung, die spektroskopisch als „Phyllocyanin“ oder „modifiziertes Chlorophyll“ (das heutige Phäophytin) erkannt wurde. Er führt sie auf die Wirkung von organischen Säuren, organisch-sauren Salzen oder auch von Gerbsäuren zurück, die nach Abtötung des Plasmas zu den Chlorophyllfarbstoffen vordringen können und die Phäophytinbildung veranlassen. Die gleichen Erscheinungen erhielt er durch Kochen von Eichenblättern (*Quercus cerris*, *Qu. sessiliflora*) und von Blättern verschiedener Weidenarten. Ähnliche Beobachtungen beschreibt H. Molisch (16, S. 56) von Blättern des Sauerampfers (*Rumex acetosa*), des Sauerklees (*Oxalis acetosella*), der *Begonia*-Arten, des *Pelargonium zonale* u. a. Beim Eintauchen in siedendes Wasser, durch Gefrieren, durch Äther- oder Chloroformdämpfe rasch getötet, nehmen die Blätter braungelbe oder goldgelbe Färbung an, die auf Phäophytinbildung beruht. Wie Molisch das Phäophytin identifiziert hat, beschreibt er zwar nicht, doch scheint nicht zweifelhaft zu sein, daß es sich tatsächlich um das Säurederivat des Chlorophylls handelt.

Diese Beobachtungen kann ich auf Grund eigener Versuche bestätigen. Ich kann sie hinsichtlich der Hitze- und Frostwirkung auch auf *Picea excelsa* ausdehnen, bei der nicht nur frische Maitriebe, sondern auch vorjährige und ältere Nadeljahrgänge in siedendem Wasser Phäophytinbildung zeigen. Übrigens wirkt auch trockene Wärme ähnlich. Grüne Blätter der Begonia „Gloire de Lorraine" wurden dem warmen Luftstrom eines Föhnapparates (Heißluftdusche) ausgesetzt. In etwa 3 Minuten war bei einer Lufttemperatur an den Blättern von 60 ° C bereits Phäophytin entstanden.

Bei der Einwirkung tieferer Temperaturen auf *Picea excelsa* (Kältemischung)[1]) sterben die Nadeln ab, indem sie sich fahlgrün färben. Dunkel aufbewahrt, behalten die Nadeln ihre fahlgrüne Farbe, dagegen angefeuchtet dem Licht ausgesetzt, nehmen sie die charakteristische Rotverfärbung erfrorener Nadeln an (vgl. F. W. Neger [17, S. 16]). In diesem Falle fällt die spektroskopische Phäophytinprobe positiv aus.

Ist der Wassergehalt der Nadeln aber herabgesetzt (vor völlig erwachter Vegetationszeit, nach längerer Trockenperiode) und werden nun die Nadeln von Spätfrost mit nachfolgender stärkerer Besonnung betroffen, so tritt das ein, was häufig unter dem Bilde einer Vertrocknungserscheinung zu beobachten ist: die teilweise oder ganz braun oder braunrot verfärbten Nadeln lassen in diesem Falle keine Phäophytinbildung erkennen.

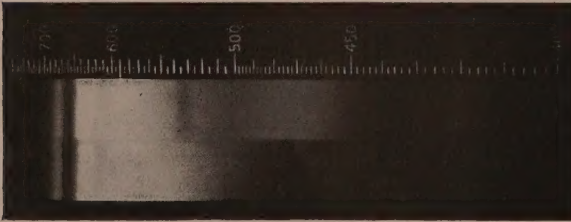


Abb. 2. (Original).

Hierfür stehen mir bislang folgende Beispiele zur Verfügung. Einer als *Picea orientalis gracilis compacta* bezeichneten, etwa 40 cm hohen Fichte, auf einem Steinbeet wachsend, waren durch Spätfrost zahlreiche Nadeln an der der Sonne exponierten Seite unter braunroter Spitzenverfärbung teilweise getötet worden (gesammelt am 12. 4. 31). Das Ergebnis der Prüfung auf Phäophytin fiel negativ aus. Ebenso negativ verlief die Prüfung einer Spätfrostbeschädigung von *Pinus Strobus*.

Die Abb. 2 stellt in ihrer oberen Hälfte (an der Wellenlängenskala) das Absorptionsspektrum eines Aceton-Extraktes aus Nadeln

[1]) Herrn Privatdozenten Dr. W. Bavendamm in Tharandt danke ich verbindlichst für die freundliche Überlassung von Fichtennadeln, die durch die Temperaturen einer Kältemischung getötet worden waren.

von *Pinus Strobus* dar, die durch $SO_2$ (künstlich) beschädigt worden waren, die untere Bildhälfte ist das Spektrum aus Nadeln von *Pinus Strobus*, die durch Spätfrostwirkung (Frühjahr 1931) mit nachfolgender starker Besonnung im oberen Drittel oder bis zur Hälfte braun gefärbt waren.

Wenn auch bei krautigen Pflanzen im allgemeinen die Gefahr einer Verwechslung von Frost- mit Rauchwirkung nicht besonders groß ist, so mögen doch auch noch einige Ergebnisse der Prüfung von Frostwirkung auf diese angefügt werden:

*Phaseolus vulgaris* (Gartenbuschbohne): Blätter in der Nacht vom 18./19. Oktober 1931 erfroren, glasig, braungrün aussehend, am Tage vorher noch rein grün und frisch; spektroskopische Prüfung negativ.

*Canna indica* (grünblättrige Sorte): Blätter teilweise erfroren in der gleichen Nacht (etwa — 3° C): spektroskopische Prüfung negativ; die noch turgeszenten Blattpartien einige Minuten in siedendes Wasser gehalten: spektroskopische Prüfung negativ; andere noch turgeszente Stellen auf dem Laboratoriumstisch im Laufe von Tagen langsam vertrocknet und dann spektroskopiert: negativ.

*Chrysanthemum indicum* (rotblühende Sorte): erfroren in der Nacht vom 29./30. November 1931, Blätter vollständig olivbraun verfärbt und schlaff, spektroskopische Prüfung negativ.

Die aufgeführten Fälle von Temperatureinwirkung als Schadensursache sind gewiß noch nicht ausreichend, um ein abschließendes Urteil über die Frage der Phäophytinbildung bei höheren und tieferen Temperaturen zu gestatten. Soviel dürften sie jedenfalls wahrscheinlich machen, daß ein Unterschied im Verhalten der einzelnen Pflanzenarten je nach ihrem natürlichen Säuregehalt zu erwarten ist. Liegt nicht ein eigentliches Gefrieren, sondern mehr das vor, was man als Frosttrocknis bezeichnet, dann ist im allgemeinen mit Phäophytinbildung nicht zu rechnen. Eingehendere Ermittlungen nach dieser Richtung hin sind für die nächste Zeit, besonders auch mit Rücksicht auf die Wichtigkeit dieser Erscheinungen für die Praxis der Rauchschadendiagnose in Aussicht genommen.

Da rauchkranke Blätter, wie auch Neger (17, S. 59) hervorhebt, häufig den Eindruck von vertrockneten Blättern machen und infolgedessen Raucherkrankungen von Vertrocknungserscheinungen gelegentlich schwer zu unterscheiden sind, wurden zahlreiche Proben von Blättern und Nadeln auf Phäophytinbildung nach Vertrocknung untersucht. In keinem einzigen Falle wurde Phäophytin gefunden, selbst nicht bei Pflanzen mit sehr saurem Zellsaft, wie *Rumex*, *Oxalis acetosella* und Begonia „Gloire de Lorraine“,

auch nicht bei *Picea excelsa*. Dieses Ergebnis dürfte gewiß auch physiologisches Interesse beanspruchen können. Trocknet man die Blätter künstlich, etwa für die Aufbewahrung im Herbarium, so muß recht vorsichtig zu Werke gegangen werden, wie bereits Willstätter (7, S. 55) angibt. Das möge folgender Versuch illustrieren: 6—7 lebende, frische Blätter von *Quercus Robur* wurden, übereinander geschichtet, in verschlossenem Pergaminbeutel, ebenso viele frische Blätter von *Qu. R.* einzeln in Fließpapier unter öfterem Umlegen in unbenutztes Fließpapier (wie man es für Herbarzwecke zu tun pflegt) langsam getrocknet. Nach einer Woche gaben die ersteren (olivgrün verfärbt) die Phäophytinbande, die letzteren dagegen nicht. Willstätter meint, im ersteren Falle könne die Phäophytinbildung auf einer Anhäufung von Atmungskohlensäure beruhen. Man kann aber auch an Säurebildung nach intramolekularer Atmung denken.

Schließlich wurden noch Blätter mit beginnender Herbstverfärbung auf Phäophytin untersucht. Das Ergebnis war auch hier in zahlreichen Proben, darunter von sehr säurereichen Pflanzen wie *Rumex* und *Oxalis*, vollständig negativ. Bei der normalen Herbstfärbung tritt kein Phäophytin auf. Die gegenteilige Ansicht Stoklasas (10, S. 141) dürfte auf einem Irrtum beruhen.

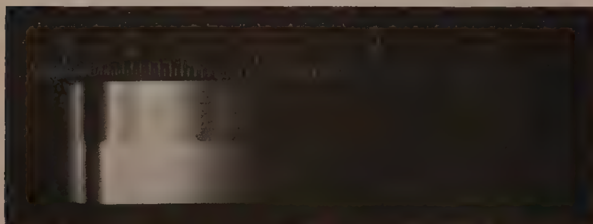


Abb. 3. (Original.)

Blattverfärbungen und Fleckenbildungen infolge parasitärer Einflüsse sind bisher nicht in diese Untersuchungen einbezogen worden. Lediglich ein Fall von Nadelverfärbung der Kiefer, die auf Befall durch *Lophodermium pinastri* zurückzuführen ist, wurde geprüft, weil sich in der Rauchschadenliteratur der Hinweis fand, daß Verfärbungen bei *Lophodermium*-Schütte unter Umständen von Rauchverfärbungen schwer zu unterscheiden sein könnten. Die zum Teil rotbraun verfärbten Nadeln von *Pinus silvestris* verdanke ich der Liebenswürdigkeit des Herrn Prof. Dr. J. Liese (Eberswalde). Sie wurden, wie üblich, extrahiert und für die spektroskopische Aufnahme in Abb. 3 neben einen Extrakt aus *Pinus silvestris* gestellt, deren braunrot verfärbte Nadeln (Spitzenverfärbung) in der Nähe der unter III. 2 erwähnten Metallhütten gesammelt worden waren.

Wie man sieht, erscheint im Extrakt der rauchgeschädigten Nadeln (obere Bildhälfte) die charakteristische Phäophytinbande, in dem der Schüttenadeln (untere Bildhälfte) dagegen nicht.

IV.

Die Fälle, in denen bei akuten Rauchschäden völlige Ausbleichung, nach Kurt Noacks Befunden durch schwache Konzentrationen schwefliger Säure verursacht, beobachtet wird, und bei denen deshalb in der Regel Phäophytin nicht nachzuweisen ist, sind bekanntlich in der freien Natur verhältnismäßig weniger häufig zu beobachten (vgl. oben unter III, 3). Die übergroße Mehrzahl der akuten Rauchbeschädigungen ist mit mehr oder weniger intensiven Verfärbungen verbunden. Über das Zustandekommen dieser Verfärbungen kann man sich, im Anschluß an Negers Versuche (18), folgende Vorstellungen machen.

Zunächst wird durch Säurewirkung das Chlorophyll in Phäophytin umgewandelt, wobei die grüne Farbe in eine olivbraune umschlägt. Äußerlich betrachtet, sehen dann z. B. Fichtennadeln nach R. Hartig eigentümlich fahlgrün aus, wie es in der Literatur oft beschrieben wird. Mit der Säurewirkung ist, bei hinreichenden Konzentrationen, eine allgemeine Plasmaschädigung verbunden, die zum Absterben der Zelle führt. Hiernach, also postmortal, werden unter dem Einfluß des Lichtes, bei Gegenwart einer gewissen Wassermenge und bei Sauerstoffzutritt gefärbte Substanzen gebildet, die dann das oft dargestellte Bild der Verfärbungen und Flecken erzeugen. Das zunächst entstandene Phäophytin ist aber damit nicht verschwunden, im Gegenteil, es bleibt längere Zeit erhalten, und es liegt die Vermutung nahe, daß es durch die intensiv gefärbten, postmortal entstandenen Stoffe vor stärkerer Lichteinwirkung und damit vor Ausbleichung geschützt sein könnte. Wenn nämlich diese vermutete Schutzwirkung fehlt, dann wird auch reichlich vorhandenes Phäophytin, wie M. Röben und W. Dörries (6) gezeigt haben, im Laufe von Tagen bei optimaler Wasserversorgung in vollem Sonnenlicht gebleicht. Bei den Blattorganen der Landpflanzen kommt hinzu, daß sie relativ schnell an den geschädigten Stellen vertrocknen, womit eine für die Bleichung wesentliche Bedingung, der hinreichende Wasservorrat, entfällt. Natürlich gelten diese Erwägungen nur bei Schäden, die durch stärkere Konzentrationen der schwefligen Säure verursacht worden sind. Die schwächeren Konzentrationen haben Erscheinungen im Gefolge, die von Kurt Noack, wie eingangs beschrieben, gedeutet werden.

Die Frage nach der Brauchbarkeit der spektroskopischen Phäophytinprobe wäre also nach den vorstehenden Darlegungen folgendermaßen zu beantworten.

Sind chlorophyllhaltige Zellen durch sehr schwache Konzentrationen an schwefliger Säure so geschädigt worden, daß völlige Ausbleichung der Chlorophyllfarbstoffe eingetreten ist, dann versagt diese Methode. Völlige Ausbleichung ist aber nicht das häufigste Krankheitsbild akuter Rauchschäden in der freien Natur. Ungleich zahlreicher sind vielmehr

als ,,charakteristisch" bezeichnete, mehr oder weniger intensiv gefärbte Blattflecken oder Blattränderungen, bei Koniferen häufig Spitzenverfärbungen der Nadeln. Solche Erscheinungen werden aber auch durch andere von außen wirkende Faktoren ausgelöst, wobei hier parasitäre Einflüsse außer Betracht bleiben sollen. Von Bedeutung ist es deshalb, daß weder bei Vertrocknungserscheinungen (Wassermangel, Sonnenbrand, sogen. Frosttrocknis), noch bei Herbstverfärbungen und Vergilbungen Phäophytin auftritt, und daß sie dadurch mit hinreichender Sicherheit von Säurebeschädigungen unterschieden werden können. Sind nach Einwirkung saurer Rauchgase die ,,charakteristischen" Blattflecken aufgetreten, so lassen sie sich, wie bisher an Hunderten von Proben festgestellt wurde, ausnahmslos durch die spektroskopische Phäophytinprobe als ,,Rauchschäden" diagnostizieren.

Noch nicht genügend sicher scheinen die Ergebnisse bei der Unterscheidung von Frostwirkung und Säurewirkung. Die Fichte (*Picea excelsa*) scheint zu denjenigen Pflanzen zu gehören, bei denen Phäophytinbildung nach Zerstörung des Zellgefüges (siedendes Wasser, Kältemischung) beobachtet wird, genau so, wie bei Pflanzen mit sehr sauren Zellsäften.

Die beiden oben erwähnten Fälle der Phäophytinbildung (Esche und Ahorn), die bisher nicht aufgeklärt werden konnten, sind der Anwendung der Methode nicht hinderlich, da bei ihnen nicht die ,,charakteristischen" Fleckenbildungen und Blattrandverfärbungen, sondern Totalverfärbungen des ganzen Blattes beobachtet wurden. Eine Verwechslungsmöglichkeit mit Rauchbeschädigung hätte in diesen beiden Fällen ohnehin ferngelegen.

Läßt man die nötige Vorsicht walten und beachtet kritisch die dargelegten Umstände, unter denen Phäophytin auf Rauchwirkung oder auf andere äußere Faktoren zurückzuführen ist, so kann die spektroskopische Phäophytinprobe in vielen Fällen der praktischen Rauchschadenexpertise gute Dienste leisten.

## V.

Für die praktische Ausführung lassen sich folgende Vorschläge machen.

Bei der Ortsbesichtigung und Probenahme werden Laubblätter, die nach den ,,charakteristischen" Fleckenbildungen oder Randverfärbungen den Verdacht auf ,,Rauchschaden" rechtfertigen, in dem von W. Dörries (19) beschriebenen Laubblatt-Spektroskop an Ort und Stelle einer orientierenden Untersuchung unterzogen. Es hat sich nämlich gezeigt, daß in vielen Fällen, freilich durchaus nicht in allen, die Phäophytinbildung bereits im Laubblatt selbst, also unter vorläufigem Verzicht auf die Extraktmethode, zu beobachten ist. Bei stärkeren Schädi-

gungen ist dies fast regelmäßig möglich. Ist der Grad der Säurezersetzung des Chlorophylls dagegen gering, dann kann unter Umständen die Phäophytinbande kaum noch erkennbar sein. In derartig zweifelhaften Fällen müssen größere Blattmengen (mindestens 15 bis 20 g Frischgewicht) entnommen werden, um im Laboratorium dann der Extraktmethode unterworfen zu werden. Die Blätter müssen hierzu besonders vorsichtig in Fließpapier aufbewahrt werden, aus Gründen, die bereits S. 268 erörtert wurden. Niemals dürfen mehrere Blätter zwischen dem Fließpapier übereinander liegen, besonders dann nicht, wenn sie feucht gesammelt worden sind. Häufigeres Umlegen in trockenes Fließpapier verhütet nachträgliche Farbstoffzersetzungen. Die Blätter können nach vorsichtiger Trocknung (wie man etwa Herbarpflanzen behandelt) jahrelang aufbewahrt werden und so zu etwaigen Nachuntersuchungen immer noch als Beweismaterial dienen. Hierin dürfte ein wichtiger Vorzug der Methode liegen. Leider lassen sich Koniferennadeln nicht an Ort und Stelle mit dem Laubblatt-Spektroskop untersuchen. Die Nadeln können vorläufig nur nach der Extraktmethode spektroskopiert werden.

Im Laboratorium extrahiert man nach Willstätter (7) oder nach L. Brauner (20) mit Aceton in der Weise, daß man lufttrockene Blattproben mit wasserfreiem, frische dagegen mit 85-prozentigem Aceton (mit Leitungswasser verdünnt) nach folgender Vorschrift behandelt. 10 g frische Blätter (oder etwa 2 g trockene) werden mit wenig Seesand in der Reibschale fein zerrieben und auf einem Nutschentrichter mit Filtrierpapierscheibe gebracht. Dann übergießt man den Brei mit 20 ccm Aceton (bei trockenen Pflanzen mit 85-prozentigem Aceton), saugt an der Wasserstrahlpumpe ab und wiederholt Aufgießen und Absaugen des Lösungsmittels. So erhält man etwa 40 ccm Filtrat. Diese konzentrierte Lösung verdünnt man mit dem 5fachen Volumen 85-prozentigen Acetons zur Beobachtung des Absorptionsspektrums, die in einer Glasküvette (als Notbehelf im Reagensglas) von 1½ cm Schichtdicke vorgenommen wird.

Die Breite der Absorptionsbänder hängt von der Konzentration der Farblösung ab. Daher ist es ratsam, die Herstellungsvorschriften möglichst innezuhalten. Wünscht man einen ungefähren Anhaltspunkt über die günstigste Farbintensität zu haben, so kann man die folgende Standard-Farblösung vorrätig halten: Je 1 g Naphtholgrün B und 1 g Naphtholgelb S (von Dr. Grübler u. Co., Leipzig) löst man in 500 ccm Wasser und verdünnt hiervon einen Teil im Verhältnis 1:10 mit dest. Wasser. Die zur Beobachtung im Spektroskop dienende Rohchlorophylllösung soll dieselbe Farbtiefe in 1½ cm Schichtdicke haben wie die Standard-Farblösung. Fürchtet man eine schnelle Zersetzung des Chlorophylls durch die Zellsaftsäuren, dann kann man vor dem Zer-

reiben in der Reibschale etwas Kreidepulver zur Neutralisation zusetzen. Bei den meisten Pflanzen ist dieser Zusatz nicht nötig, besonders nicht, wenn lufttrockene Blätter zerrieben wurden, oder wenn die spektroskopische Prüfung sofort nach Extraktion vorgenommen wird. Extrakte aus Pflanzen mit sehr saurem Zellsaft werden auch durch Kreidezusatz nicht vor der Phäophytinbildung geschützt, wie entsprechende Versuche mit Blättern von Begonia „Gloire de Lorraine" zeigten.

Bei der Probenahme an Ort und Stelle wird man darauf Bedacht nehmen müssen, möglichst verschiedene Pflanzenarten mit Beschädigungen zu sammeln. Die Diagnose gewinnt an Sicherheit, je zahlreicher die Pflanzenarten sind, in denen Phäophytin nachgewiesen wird.

Auf eingehende Ortsbesichtigung, auf die chemischen Luftanalysen, auf Beachtung der meteorologischen Faktoren, auf Feststellung makroskopischer und mikroskopischer Beschädigungen und Studium der allgemeinen Wachstumsverhältnisse der betroffenen Gegend wird man natürlich nicht verzichten dürfen, will man sich vor Irrtümern in der Diagnose schützen. Fern-Diagnosen, nach eingesandtem Material, wird ein gewissenhafter Gutachter niemals übernehmen können.

Dem Präsidenten der Preußischen Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Herrn Geheimen Medizinalrat Prof. Dr. med. M. Beninde, bin ich für die Aufnahme als Gast in seinem Institut und für die großzügige Förderung, die er meinen Arbeiten hat angedeihen lassen, zu aufrichtiger Dankbarkeit verbunden. Ebenso danke ich dem Abteilungsdirektor der Biologischen Abteilung, Herrn Prof. Dr. R. Kolkwitz, und dem Abteilungsleiter, Herrn Prof. Dr. E. Tiegs, wärmstens für ihre mir stets bereitwilligst gewährte Beratung und Förderung, dem letzteren auch besonders für die Anregung, mich mit der Rauchschadenfrage zu beschäftigen. Herrn Dr. H. Zinkernagel danke ich für freundliche Hinweise auf Literatur.

**Literaturverzeichnis.**

(1) W. Dörries, Sind Fleckenbildungen und Verfärbungen an Blattorganen für Rauchwirkung charakteristisch? (Eine Literaturzusammenstellung.) (Kleine Mitteilungen für die Mitglieder des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 1932. **8.** Jahrg.)

(2) F. Beran und P. Reckendorfer, Der Wert der chemischen Analyse zur Beurteilung von Rauchschäden an Koniferen. (Centralblatt für das gesamte Forstwesen 1931. **57.** Jahr, Heft 4, S. 121—126.)

(3) Kurt Noack, Photochemische Wirkungen des Chlorophylls und ihre Bedeutung für die Kohlensäureassimilation. (Zeitschrift für Botanik 1925. Bd. **17**, S. 431—548.)

(3a) — Untersuchungen über die Rauchgasschäden der Vegetation. (Zeitschrift für angewandte Chemie 1929. Bd. **42**, S. 123—126.)

(4) H. Grießmeyer, Über experimentelle Beeinflussung des Eisens im Chloroplasten. Inaugural-Dissertation, Erlangen 1930. (S.-A. aus Planta 1930. Bd. **11**, Heft 2.)

(5) O. Wehner, Untersuchungen über die chemische Beeinflußbarkeit des Assimilationsapparates. (Planta 1928. Bd. **6**, S. 543—590.)

(6) M. Röben und W. Dörries, Einige Versuche über den Einfluß von schwefliger Säure auf *Elodea canadensis*. (Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 1932. Bd. **50**, S. 53—58.)

(7) R. Willstätter und A. Stoll, Untersuchungen über Chlorophyll. Methoden und Ergebnisse. Berlin 1913, Julius Springer.

(8) R. Willstätter, Die Blattfarbstoffe. (Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. I, Chemische Methoden, Teil 11, Heft 1, S. 1—70, 1924.)

(9) F. W. Oliver, On the effects of urban fog upon cultivated plants. (With the assistance of Prof. F. E. Weiß and Miß M. F. Ewart.) (Journal of the Royal Horticultural Society 1893. Bd. **XVI.** Part I, S. 1—59.)

(10) J. Stoklasa, Die Beschädigungen der Vegetation durch Rauchgase und Fabriksexhalationen. Berlin und Wien 1923, Urban u. Schwarzenberg.

(11) H. Wislicenus, Experimentelle Rauchschäden. (Sammlung von Abhandlungen über Abgase und Rauchschäden, Heft 10. Berlin 1914, Paul Parey.)

(12) H. Molisch, Mikrochemie der Pflanze. 3. Aufl. Jena 1923, Gustav Fischer.

(13) G. Klein, Praktikum der Histochemie. Wien und Berlin 1929, Julius Springer.

(14) J. v. Schroeder und C. Reuß, Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch und die Oberharzer Hüttenrauchschäden. Berlin 1883, Paul Parey.

(15) J. Wiesner, Die natürlichen Einrichtungen zum Schutze des Chlorophylls der lebenden Pflanze. (Herausgeg. von der K. K. Zool.-Bot. Gesellschaft in Wien.) Wien 1876.

(16) H. Molisch, Botanische Versuche ohne Apparate. Jena 1931, Gustav Fischer.

(17) F. W. Neger, Die Krankheiten unserer Waldbäume und der wichtigsten Gartengehölze. 2. Aufl., Stuttgart 1924, Ferdinand Enke.

(18) — Über die Ursachen der für akute Rauchschäden charakteristischen Fleckenbildung bei Laubblättern. (Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 1916. Bd. **34**, S. 386—391.)

(19) W. Dörries, Über ein Laubblatt-Spektroskop. (Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 1932. Bd. **50**, S. 47—52.)

(20) L. Brauner, Pflanzenphysiologisches Praktikum. I. Teil. Die Chemie des Pflanzenkörpers. Jena 1929, Gustav Fischer.

---

# Über die Schädigungen der Kulturgräser durch Thysanopteren.

H. von Oettingen, Landsberg a. W.

Mit 14 Abbildungen.

Eine Beschädigung der Gräser durch die sie bewohnenden Blasenfüße kann eintreten, 1. bei der Eiablage und 2. bei der Nahrungsaufnahme. Der erstgenannte Fall ist phytopathologisch von untergeordneter Bedeutung — diagnostisch kommt ihm dagegen ein gewisser Wert zu. Wir wollen ihn daher nur kurz behandeln, um dann auf unser Hauptthema überzugehen.

Von den beiden großen Gruppen der Thysanopteren, den Tubuliferen und den Terebrantiern, besitzen nur die letzteren einen Legestachel, der es ihnen ermöglicht, ihre Eier in das Gewebe der Wirtspflanzen abzusetzen. Die an ihrem röhrenförmig ausgebildeten letzten Hinterleibssegment schon äußerlich kenntlichen Tubuliferen kleben dagegen ihre Eier an die Oberfläche der Pflanzenteile, ohne weitere Schädigung hervorzurufen. Die Eiablage der Terebrantier findet in der Weise statt, daß das Tier unter ziemlicher Anstrengung die Epidermis der Pflanze durchbohrt, um mit dem Stachel bis in das weiche Füllgewebe vorzudringen. Die Tiefe des Stiches wird hierbei so abgemessen, daß das Ei unmittelbar unter die Epidermis zu liegen kommt. Der Legestachel ist an seinen Kanten mit rückwärts (basalwärts) gerichteten Zähnchen versehen, die offenbar dazu dienen, ein Herausgleiten des Stachels während des Legeaktes zu verhindern. Für das Herausziehen bilden sie ein so starkes Hindernis, daß man ein legendes Weibchen nicht ohne grobe Verletzung von seiner Unterlage abtrennen kann. Die Dauer des Legens und der Pausen zwischen den einzelnen Legeakten ist generell sehr verschieden. Während Jordan (13) bei *Heliothrips dracaenae* Pausen von mindestens mehreren Stunden beobachtete, legte in unseren Kulturen *Chirothrips manicatus* bis zu 4 Eiern im Verlauf einer Stunde. Dann trat allerdings eine größere Pause ein, und im Laufe eines Tages hatten vier unter Beobachtung befindliche ♀♀ gelegt: I = 9 Eier, II = 10 Eier, III = 7 Eier, IV = 10 Eier. Außer diesen 36 Eiern fanden sich auf dem Blatt noch zwei Legestellen, deren Zugehörigkeit nicht einwandfrei festgestellt werden konnte. Wahrscheinlich stammen sie alle von Nr. III, einem verhältnismäßig lebhaften Tier, das an diesem Tage als einziges seine Eier nicht, wie die übrigen, in einer fortlaufenden Reihe, sondern in zwei Reihen nebeneinander abgelegt hatte.

Auf einem Grasblatt erscheint so ein Gelege als m. o. w. regelmäßige Reihe durchsichtiger Punkte, die besonders nach dem Schlüpfen

sehr deutlich werden (Abb. 10). Sofern die Eier auf den Blättern abgelegt werden, wird von den Thysanopteren die Oberseite bevorzugt.

Bei einigen hundert Gelegen, die wir mikroskopisch untersuchten, war stets das Kopfende der Larven der Blattspitze zugekehrt, so daß diese Lage wohl als normale angesprochen werden muß. Beim Schlüpfen zerreißt die Larve die über ihrem Prothorax liegende Epidermis und zieht das Abdomen aus der so entstandenen Öffnung nach. Hierbei wird die Epidermis, besonders an den Seiten des Eilagers, noch etwas von den unten liegenden Schichten abgelöst, aber nur so weit, als diese Ablösung sich leicht bewerkstelligen läßt. Meist sind es Gefäßbündel, die einem weiteren Loslösen Halt gebieten. Deshalb sind die leeren Eilager auch niemals rundlich oder oval, wie es der Eiform entsprechen würde, sondern ihre Längsseiten sind geradlinig und das Kopfende häufig etwas verbreitert, da hier ja die Kraftentwicklung des schlüpfenden Tieres am stärksten war. Auch diese, durch den Schlüpfakt verursachten Schäden, verheilen schnell und geben nach unseren bisherigen Beobachtungen keinen Anlaß für irgendwelche sekundäre Infektionen usw.

Wir kommen nun auf unser Hauptthema, die Beschädigung der Gräser durch das Saugen der Thysanopteren. Bei der Kleinheit dieser Insekten könnte man vermuten, daß irgendwie merkliche Schäden nur bei Massenbefall auftreten. Die Beobachtung belehrt uns jedoch eines anderen. Schon das Vorhandensein einiger weniger Tiere kann das Zugrundegehen ganzer Pflanzenteile verursachen. Es müssen hier offenbar besondere Umstände eine Rolle spielen. Nun müssen wir gleich vorweg nehmen, daß die Folgen des Thysanopterenbefalles von durchaus verschiedener Art sein können und in der Mehrzahl der Fälle sowohl örtlich als auch zeitlich weit auseinander liegen. Es war deshalb notwendig, durch eine möglichst umfangreiche Reihe von Beobachtungen erstmals die Entwicklung der Schadbilder in ihrem zeitlichen Verlauf festzustellen, und zweitens zu untersuchen, unter welchen Bedingungen ein bestimmtes Schadbild entstehen muß resp. kann. Die Sachlage wird noch dadurch kompliziert, daß der sog. „Schaden" oft gar nicht dort auftritt, wo die Beschädigung stattgefunden hat, sondern an einer ganz anderen Stelle, wobei er Formen annehmen kann, die auch auf andere Ursachen zurückgeführt werden könnten. Erst nach Elimination dieser Umstände, die die Sachlage verdunkelten, konnte eine endgültige Klärung geschaffen werden.

Die häufig angewandte Form der Einteilung in primäre und sekundäre Schäden mußten wir fallen lassen. Denn wollten wir dieses Prinzip konsequent durchführen, so müßten wir weiter gehen und von tertiären, quartären und vielleicht noch höheren Abstufungen reden. Es liegt auf der Hand, daß eine derartige Ausdrucksweise nicht mehr zweckmäßig ist. Deshalb wollen wir in unseren folgenden Betrachtungen unter-

scheiden zwischen a) der direkten Beschädigung durch die angreifenden Tiere und b) dem Reaktionenkomplex der Pflanze auf diesen Angriff. Die Reaktionen wiederum teilen wir in zwei Gruppen: 1. die chemisch-physiologischen Veränderungen und 2. die mechanischen Wirkungen.

Die direkte Beschädigung besteht immer in einer Stichwunde, deren Ziel das chlorophyllhaltige Assimilationsgewebe ist. Die hierbei in Aktion tretenden Mundwerkzeuge der Thysanopteren sind von vielen Forschern (z. B.: Jordan (13), Bohls (5), Priesner (20)) einer eingehenden Betrachtung unterzogen worden, so daß wir uns hier eine genaue Beschreibung ersparen können und nur das Notwendigste anführen wollen. Der m. o. w. spitz zulaufende „Rüssel" beherbergt in seinem Innern die beiden Mandibeln, welche zu Borsten umgewandelt sind, und eine kürzere, aber stärkere, unpaarige Stechborste (s. Abb. 1). Bei der Nahrungsaufnahme wird der verhältnismäßig wenig bewegliche Mundkegel in eine möglichst senkrecht zur Körperachse stehende Richtung gebracht und die Oberfläche der Pflanze abgetastet. Hat das Tier eine passende Stelle gefunden — vorzugsweise werden die Spaltöffnungen als Angriffspunkte ausgesucht — so wird zunächst der Mundkegel wie ein Keil in das Gewebe hineingetrieben. Es entstehen hierbei verhältnismäßig grobe Zerreißungen und Quetschungen der Epidermiszellen, deren Fetzen oft tief in das Wundlumen hineinragen. Selbst das anliegende parenchymatische Gewebe wird häufig in Mitleidenschaft gezogen, nämlich dann, wenn der Mundkegel der betr. Art genügend fein zugespitzt ist. Formen, bei welchen der Mundkegel sehr stark abgerundet ist, wie wir es z. B. bei der Gattung *Phloeothrips* finden, werden kaum in der Lage sein, durch ihn nennenswerte Beschädigungen hervorzurufen. In solchen Fällen wird seine Rolle wohl auf die eines Trägers von Sinnesorganen beschränkt bleiben. Hat das Tier seine Mundöffnung auf diese Weise verankert, so treten die Stechborsten in Aktion. Diese stellen ein Einkurbelgetriebe dar, bestehend aus Kurbel und Koppel, welch letztere von einer Kurbelführung gelenkt wird. Hierzu dienen Hervorragungen des Kopfdaches und im Mundkegel selbst eine Rinne, die von den Rändern der Oberlippe gebildet wird. Die starke,

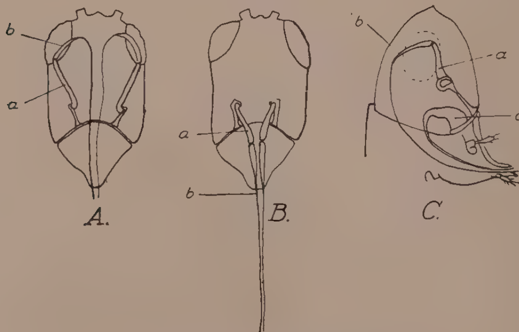



Abb. 1. Kopf von *Phloeothrips sp.*; A und B von vorne, C von der Seite.
a = „Kurbel". b = paarige Stechborsten („Koppel"). c = unpaarige Stechborste. Schematisch nach Jordan.

unpaarige Stechborste dringt in das Pflanzengewebe ein, hat aber nur die Aufgabe, eine Verwundung hervorzurufen. Ihr folgen die beiden paarigen Stechborsten gleichzeitig, mit fest aneinander gepreßten Rändern, zwischen welchen ein Hohlraum verbleibt, durch welchen das Tier den Inhalt der angestochenen Zellen aufsaugt. Wir haben die Länge des vorstreckbaren Teiles der Stechborsten innerhalb der Arten von großer Konstanz gefunden, die Arten untereinander zeigen dagegen erhebliche Unterschiede. So fanden wir bei *Chirothrips manicatus* 44 bis 46 $\mu$, bei *Aptinothrips rufus* 52 bis 53 $\mu$, bei *Frankliniella intonsa* 66 bis 68 $\mu$. Die Gesamtlänge der paarigen Stechborsten beträgt ungefähr das Doppelte. Immerhin halten wir Angaben von 0,5 mm = 500 $\mu$, wie wir sie mitunter in der Literatur fanden, für unwahrscheinlich und zum mindesten der Nachprüfung bedürftig. Desgleichen konnten wir an frischen Thysanopterenstichen niemals ein Abschaben der Epidermis feststellen, was von älteren Autoren (z. B. 8) mehrfach behauptet wird. Das einzige, für eine derartige Tätigkeit in Betracht kommende Organ wäre die unpaarige Stechborste, die aber hierfür gänzlich ungeeignet ist. — Während des Saugaktes dringt Speichelsekret in den Stichkanal, wo es gewisse chemische Wirkungen auslöst. Zunächst bewirkt es eine erhöhte Säftezufuhr zu den verletzten Zellen, wie das ja auch bei verschiedenen anderen Insekten gefunden worden ist, z. B. bei Aphiden (34, 36). Ferner wirkt es lösend auf die festen Bestandteile des Zellinhaltes, so daß ein Teil des Verdauungsvorganges schon im Körper der Wirtspflanze vor sich geht. Im Gegensatz zum Speichel der Hemipteren bleibt aber der Thysanopterenspeichel flüssig und wird von dem saugenden Tiere zugleich mit dem Zellinhalt wieder aufgenommen; doch bleiben in den ausgesogenen Geweben immerhin einige Mengen zurück, die, wie wir später sehen werden, ganz eigentümliche Erscheinungen hervorrufen.

Wie reagiert nun die Pflanze auf diese Verletzungen? Betrachtet man einen frischen „Thripsfleck“ unter dem Mikroskop, so findet man, daß die pathologischen Veränderungen des Zellgewebes viel weiter gehen, wie die rein mechanischen Verletzungen (s. auch 35). An die zerrissenen und zerstochenen Gewebepartien, die infolge Eindringens von Luft weiß erscheinen, schließt sich ein unregelmäßig gestalteter Hof unlädierter Zellen, deren Inhalt aber stark verblaßt ist. Mitunter sind die Zellen vollständig chlorophyllfrei, oder die Zahl der Chlorophyllkörner ist sehr zurückgegangen. In solchen Fällen ist deutlich zu erkennen, daß auch die einzelnen Chlorophyllkörner viel heller wie die normalen sind und in Grenzfällen nur noch einen schwach hellgrünen Farbton zeigen. Ziemlich unvermittelt geht dieses affizierte Gewebe in das gesunde dunkelgrüne Parenchym (s. Abb. 2) über. Der ungehinderte Luftzutritt durch die Stichöffnung verursacht bald ein

Vertrocknen des parenchymatischen Gewebes in weiterem Umfange. Äußerlich erscheint die Schadstelle nun als weißlicher Fleck, der anfangs sich gleichmäßig um die Stichstelle ausdehnt, später aber -- was besonders gut am Stengel zu beobachten ist — sich sowohl nach den Seiten wie auch nach unten hin verbreitert. Man gewinnt den Eindruck, daß irgend ein in der Wunde vorhandener Giftstoff in das umliegende Gewebe eindringt und dasselbe abtötet (s. Abb. 10). Auch die Veränderungen in den direkt verletzten Zellen lassen sich nicht durch den Wasserverlust allein erklären. Wohl spielt beim Zusammenfallen des ausgesogenen Gewebes das Vertrocknen die führende Rolle. Aber schon in den etwas weiter vom Stichkanal abliegenden Zellkomplexen treten „nekrobiotische" Erscheinungen auf, die ein Verquellen und Zusammenbacken der Zellwände verursachen. Es resultiert ein unregelmäßiger, fasriger Strang, in welchem mitunter noch einige Zellreste erkennbar sind

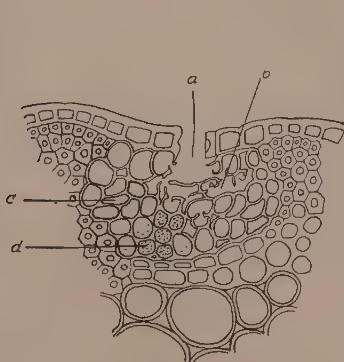



Abb. 2. Frischer Thripsfleck im Querschnitt durch einen Stengel von *Dactylis glomerata*.

a = Stichkanal. b = angestochene und ausgesogene Parenchymzellen. c = ausgebleichtes Parenchym. d = chlorophyllhaltiges Parenchym. Leitz Ok. 1; Obj. 6. Original.

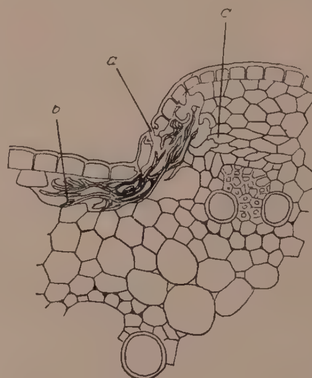



Abb. 3. Älterer Thripsfleck im Querschnitt durch einen Stengel von *Avena*.

a = Stichkanal.
b = nekrotischer Gewebekomplex
c = mechanisch deformierte Zellen.
Leitz Ok. 1; Obj. 6. Original.

(s. Abb. 3). Im allgemeinen ist das Bild aber hier in der Nähe des Stichkanals recht kompliziert — eine Folge des Einwirkens der verschiedensten Agentien.

Die durch den Zelltod hervorgerufene „Mobilisation der Zellbestandteile" (4) bringt Stoffe in den Umlauf, die nicht ohne Einwirkung auf die benachbarten Zellen bleiben können, um so mehr, als ihre Konzentration durch das fortschreitende Eintrocknen immer mehr und mehr gesteigert wird. Es muß vorläufig noch dahingestellt bleiben, wie weit wir es hier mit ursprünglichen, also arteigenen Bestandteilen des Zellsaftes zu tun haben, oder ob es sich um deren Umsetzungsprodukte handelt. Wie ja auch schon Zweigelt (36) annimmt, ist eine etwa fermentative Wir-

kung des Insektenspeichels nicht von der Hand zu weisen. Letztere erscheint im vorliegenden Falle um so wahrscheinlicher, als der Thysanopterenspeichel mit den stets vorhandenen Gerbstoffen und Pektinsäuren keine unlöslichen Verbindungen eingeht, also im Gegensatz zum Speichel der Hemipteren dauernd ,,in statu agendi" bleibt. Bei den rein praktischen Zielen unserer Arbeit mußten wir es uns leider versagen, diesen chemischen Prozessen im einzelnen nachzugehen, obgleich ohne weiteres zugegeben werden muß, daß ein genaues Studium der konstatierbaren Reiz- und Zersetzungserscheinungen nicht nur für unseren Spezialfall, sondern auch für die Pflanzenpathologie im allgemeinen von großer Bedeutung ist. Eins können wir jedoch jetzt schon feststellen: die reinen ,,Giftwirkungen" treten nur in nächster Nähe der Wunde auf, da die ,,Giftstoffe" offenbar nicht bis zu den Leitungsbahnen vordringen können, sondern bei ihrer Verbreitung innerhalb des Pflanzenkörpers allein auf die Diffusion angewiesen sind resp. unter dem Einfluß

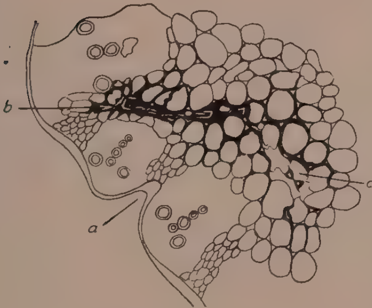



Abb. 4. Beginnende Keratenchymbildung bei *Secale cereale*.

a = Stichstelle (der Stichkanal selbst ist nicht getroffen). b = Keratenchymstrang. c = zerrissene Zellen mit erhaltenen verdickten Zwickeln. Leitz Ok. 4; Obj. 6. Original.

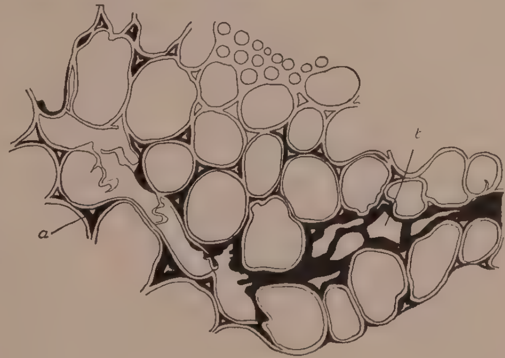



Abb. 5. Teil des Keratenchymstranges bei stärkerer Vergrößerung.

a = exzentrisch verschobenes Zwickellumen. b = vollständig desorganisierte Zelle. Leitz Ok. 4; Obj. 6. Original.

der Schwerkraft einfach in den entstandenen Hohlraum absacken. Hierin dürfte auch die Erklärung für die oben erwähnte Tatsache liegen, daß die von der Stichstelle ausgehenden morphologisch-physiologischen Veränderungen sich hauptsächlich in der Richtung nach unten bewegen (s. Abb. 8). Das Gesagte betrifft aber nur eine gewisse Gruppe der mobilisierten Zellbestandteile. Wir finden nämlich unter Umständen, von denen weiter unten die Rede sein soll, daß in ziemlicher Entfernung vom Trauma, getrennt von ihm durch einen scheinbar gänzlich intakten, mehrschichtigen Zellkomplex, nekrotische Bildungen auftreten, die zweifellos im Zusammenhang mit der Verwundung stehen (s. dagegen 26). Es entsteht hier ein m. o. w. halbkreisförmiger Schirm

aus abgestorbenen Gewebeteilen, der den Infektionsherd gegen den übrigen Pflanzenkörper abschließt (s. Abb. 4 u. 5). In seiner vollen Ausbildung stellt er eine verästelte, fasrige, strukturlose Masse dar, in der nur hin und wieder einzelne Zellreste zu erkennen sind. Äußerlich entspricht er durchaus dem Keratenchym Bliesenick's (3), gibt aber nicht die von letzterem postulierte Rotfärbung mit Phlorogluein + HCl. Dieser Umstand scheint uns jedoch nicht genügend zu sein, um eine neue Bezeichnung für dieses Gebilde einzuführen. Denn wir konnten feststellen, daß bei den Gramineen die chemischen Reaktionen des „Keratenchyms" im engsten Zusammenhang mit den Eigenschaften des Gewebes stehen, aus welchen es seinen Ursprung genommen. Keratenchymatisch veränderte Partien des Grundgewebes, welches frei von inkrustierenden Substanzen ist, zeigen auch keine Ligninreaktion; diese tritt aber sofort auf, wenn das Keratenchym aus verholzenden Elementen resp. in deren nächster Umgebung entstanden ist. Wir haben es in erster Linie also mit einer strukturellen Metamorphose zu tun, die offenbar das Primäre darstellt, während die chemischen Eigenschaften des entstandenen Gebildes von anderen Umständen abhängig sind. Das Keratenchym entwickelt sich in der Weise, daß in den affizierten Gewebepartien zunächst Zwickelverdickungen auftreten, die u. U. eine gewisse Ähnlichkeit mit der Kollenchymbildung aufweisen. Es läßt sich gut beobachten, daß die Verdickung in den der Mittellamelle anliegenden Schichten der Zellwand ihren Ursprung nimmt. Ist von den an der Zwickelbildung beteiligten Zellen nur eine infiziert, so erscheint das Zwickellumen exzentrisch verschoben in der Richtung zu den gesunden Zellen hin (Abb. 5 a). Je weiter der Desorganisationsprozeß fortschreitet, um so mehr wird das ganze Zellumen eingeengt und verschwindet schließlich ganz. Die gequollenen und offenbar aufgeweichten Zellwände können dem Wachstumsdruck der sie umgebenden gesunden Zellen nicht mehr widerstehen. Sie werden gequetscht, verschoben, zerrissen (s. Abb. 5). In extremen Fällen kann das ganze Grundgewebe keratenchymatisch verändert werden. Wir sehen dann in einer schlierigen, allmählich verhärteten Grundmasse als einzige erhaltene Elemente die verholzten Wandungen der Gefäße (s. Abb. 6). Aber auch deren regellose Verteilung zeigt, daß hier erhebliche Kräfte am Werk gewesen sein müssen, die alles, was nicht genügend

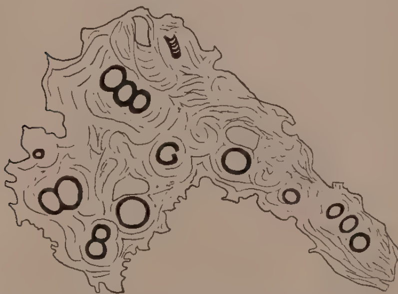


Abb. 6. Keratenchymatisch vollständig desorganisierter Stengel von *Poa pratensis* mit erhaltenen Gefäßelementen. — Leitz Ok. 1; Obj. 6. Original.

verholzt war, auseinandergerissen und verschoben haben. Die Möglichkeit hierzu ist nur dann gegeben, wenn die Keratenchymbildung zu einem Zeitpunkt einsetzt, an welchem die einzelnen Gewebeelemente des Grasstengels noch wenig differenziert resp. gefestigt sind. Dieser Zustand findet sich dauernd in der intercalaren Wachstumszone, also kurz über dem Stengelknoten. Hier spielt demnach das physiologische Alter der Gewebeelemente die wichtigste Rolle: einerseits ist eine gewisse „Reife" erforderlich, damit eine Keratenchymbildung überhaupt auftreten kann, andererseits ist das Gewebe nach Erreichung eines bestimmten Differenzierungsgrades (resp. Alters) nicht mehr imstande, zu verhornen. Wir haben es mit einer Reizwirkung zu tun, die nur dann zustande kommen kann, wenn der in der Wunde frei gewordene Reizstoff bei seiner Wanderung durch den Pflanzenkörper auf reaktionsfähiges Gewebe stößt. (Fränkel (10): Stimmung des Gewebes.) Die Vorstadien der Verhornung weisen nun eine große Ähnlichkeit mit der normalen Kollenchymbildung auf, so daß wir zur Erklärung der geschilderten Vorgänge nicht genötigt sind, irgend einen besonderen, etwa gar artfremden Reizstoff anzunehmen. Der Unterschied besteht hauptsächlich darin, daß bei der Kollenchymbildung neben dem Aufquellen der die Zellwand bildenden Lamellen auch eine Verfestigung der Zellwände (wohl durch Zwischenlagerung von Substanzen, die die Streckungsfähigkeit nicht beeinträchtigen) stattfindet, letzterer Vorgang aber bei der Entstehung des Keratenchyms entweder ganz fehlt, oder — in abgewandelter Form — erst dann eintritt, wenn infolge äußerer Einflüsse die normale Struktur bereits verloren gegangen ist. Jedenfalls bildet der Keratenchymstrang eine vorzügliche Isolierschicht, die die Wunde in einer gewissen Entfernung umgibt und weitere Infektionen verhindert. Die Schnelligkeit und der Grad seiner Ausbildung kann für die befallene Pflanze von größter Bedeutung sein. Deshalb müssen wir uns fragen, ob es nicht möglich ist, durch irgendwelche Maßnahmen seine Entstehung zu beeinflussen. Das ganze oben entworfene Bild scheint uns dafür zu sprechen, daß wir es hier mit einer typischen Hormonwirkung zu tun haben, wenn wir den Begriff „Hormon" etwas weiter fassen, wie es etwa Trendelenburg (32) tut. Denn es will uns prinzipiell unerheblich erscheinen, ob der Reizstoff in einem besonderen Organ gebildet wird, oder ob er überall in dem betreffenden Organismus entstehen kann. Das Wesentliche ist, daß er 1. nur unter bestimmten Bedingungen (die auch Dauerbedingungen sein können) in wirksamen Mengen im Organismus selbst entsteht; 2. daß er eine spezifische, fördernde Wirkung auf bestimmte funktionelle Vorgänge ausübt, die für die Erhaltung des Lebens notwendig sind; 3. daß er schon in kleinsten Quantitäten, sei es hemmend, sei es erregend, wirkt. Von den Vitaminen unterscheiden sich die Hormone also nur durch die Arteigenheit (Oppenheimer 18).

Daß die Grenze zwischen ihnen und den Fermenten nicht scharf gezogen werden kann ist bedeutungslos, da das Insulin z. B. fermentative Wirkung zeigt (32), und ähnliches sich bestimmt auch in anderen Fällen nachweisen lassen wird. Ein Hormon braucht keineswegs direkt zu wirken — im Gegenteil — eine Reihe von Tatsachen spricht dafür, daß es vielmehr eine m. o. w. lange Reaktionskette zur Auslösung bringt, an deren Ende erst das von uns als ,,Hormonwirkung'' bezeichnete Phänomen steht. Die Annahme der Reaktionskette erklärt auch zwanglos die häufigen Fälle von einander scheinbar widersprechenden Beobachtungen vieler Autoren. Denn der Verlauf der Reaktionskette braucht bloß durch irgendwelche Einflüsse, z. B. das Fehlen der Parallelwirkung eines anderen Reizstoffes, modifiziert zu werden, um gänzlich abweichende Endresultate hervorzurufen.

Dieser Fall scheint uns nun bei der Keratenchymbildung vorzuliegen, denn wir betrachten letztere als pathologisch abgewandelte Form der Kollenchymbildung. Nehmen wir für das Zustandekommen eines normalen Kollenchyms die Wirkung zweier Reizstoffe an, von denen der eine die Aufquellung der Zellwände, also deren Rezeptionsfähigkeit verursacht, der andere die Ablagerung festigender Stoffe in die gelockerte Membran veranlaßt, so können wir uns vorstellen, daß durch den Wundreiz der erstgenannte Reizstoff vorzeitig mobilisiert wird. Es tritt also eine bloß zeitlich und örtlich verschobene, nicht prinzipiell abweichende Zellwandquellung auf, die infolge mechanischer Einflüsse das oben geschilderte Krankheitsbild ergeben. Ob nun später oder überhaupt nicht eine Inkrustierung eintritt, ist eine zweite Frage von untergeordneter Bedeutung. Daß im Verlauf der Reaktionskette auch fermentative Prozesse auftreten können, ist mehr als wahrscheinlich. Wir wiesen schon vorhin auf die nahen Beziehungen zwischen Hormonen und Fermenten hin. Nun hat z. B. Jakoby (Z. Ph. Chemie **30**, S. 174) gezeigt, daß durch Phosphorvergiftungen der Fermentgehalt des Blutes weitgehend beeinflußt wird (16). Es wäre daher nicht aussichtslos nachzuprüfen, ob durch Veränderung der Nahrungsverhältnisse nicht auch die Reaktionsfähigkeit der Pflanze erhöht resp. erniedrigt werden könnte.

Denn wir richten in diesem Falle unseren Angriff nicht auf das z. Zt. unfaßbare Hormon — dessen Wirkung bekanntlich nicht chemischer Natur ist (18) — sondern wir haben die Möglichkeit, im Verlauf der Reaktionskette auf Vorgänge zu stoßen, die einer Beeinflussung durch chemische oder physikalische Einwirkungen zugänglich sind. Für die theoretische Forschung ist hier ein Weg offen, der nicht nur zu prinzipiell wichtigen Resultaten führen kann, sondern auch zu Resultaten von höchster Bedeutung für die Praxis. Es würde u. a. der ganze Streit um die sogenannten nekrotischen und nekrobiotischen Er-

scheinungen wesenlos werden, da sich eine Grenze zwischen diesen beiden Erscheinungsgruppen nicht mehr aufrecht erhalten läßt: fällt ein normaler Lebensprozeß aus, so ist die direkte Folge hiervon ein nekrotischer (21) oder histolytischer Vorgang (33) — indirekt kann dieser Ausfall zur Folge haben, daß bisher verdeckte oder modifizierte Vorgänge nun offenbar werden, die an und für sich ,,normal" sind, aber nun wegen des Fehlens der sonst durch den ausgefallenen Vorgang geschaffenen Vorbedingungen ,,unnormal" erscheinen. Wollte man diesen Zusammenhang übersehen oder leugnen, so wäre man zu der — für uns unverständlichen — Annahme gezwungen, daß Lebensprozesse ,,entarten" oder ,,in perverse Bahnen gelenkt werden". Die Tatsachen haben uns die Vorstellung aufgezwungen, daß arteigne, stoffliche Regulatore in den Organismen die Lebensvorgänge steuern, und auf diesem realen Boden stehend kann man trotz vieler noch bestehender Unklarheiten weiter arbeiten. ohne sich in das Gebiet reiner Spekulation zu verlieren. Es gehört zu den schwierigsten Aufgaben des Forschers, eine gesunde Arbeitshypothese aufzustellen — und mehr wollen wir mit unseren obigen Ausführungen nicht bezwecken.

Neben den chemisch-physiologischen Wirkungen der durch Thysanopteren verursachten Verwundungen treten Erscheinungen auf, die sich rein mechanisch erklären lassen. Eine Verletzung bedingt immer einen Substanzverlust, also eine Änderung in den Raumverhältnissen. was notwendigerweise zu einer Störung des mechanischen Gleichgewichtes im Gewebeaufbau führen muß. Maßgebend für die Widerstandskraft gegen mechanische Einflüsse ist die Zellwandstärke und der Grad der Verholzung bei den einzelnen Bauelementen des Pflanzenkörpers.[1])

Diese beiden sind nun u. a. eine Funktion der Zeit, da die Verholzung erst bei einem bestimmten Alter des Gewebes einsetzt und bei einem bestimmten Alter sein Maximum erreicht. Wir müssen uns daher zunächst den Erscheinungen des intercalaren Wachstums zuwenden, denn die Streckung der Graspflanze ist in erster Linie auf dieses zurückzuführen. In der Literatur konnten wir nur sehr spärliche Angaben über die Entwicklung der einzelnen Gewebeelemente im Verlaufe des intercalaren Wachstums finden (31), so daß wir genötigt waren, eigene vergleichende Untersuchungen anzustellen.

Zu diesem Zwecke wurden Schnittserien (Paraffinpräparate) hergestellt, mit Safranin-Anilinwasser n/Herrmann gefärbt und mit Alkohol + HCl differenziert. Im Laufe der Arbeit stellte es sich als praktisch heraus, die erforderliche Beizung vor dem Färben, wozu gewöhnlich 1 % Chromsäure angewandt wird,

[1]) Wir fassen hier und im folgenden den Begriff ,,Verholzung" in seiner weitesten Bedeutung auf und wollen hierunter die Ablagerung inkrustierender Substanzen ohne Rücksicht auf ihre chemische Natur verstehen. Denn uns interessiert hier nur die mechanische Festigkeit der Gewebe.

durch eine Behandlung der Schnitte mit 1 % Tannin zu ersetzen. Hiedurch konnte eine bedeutende Zeitersparnis erzielt werden, denn die sehr ausgiebige Waschung nach dem Chrombad (mindestens 12 Stunden in fließendem Wasser) fällt bei den Tanninpräparaten fort. Es genügt ein 3—4maliges Ausspülen mit $H_2O$, was nicht mehr wie eine Viertelstunde in Anspruch nimmt. Hin und wieder wurden Kontrollfärbungen mit Phloroglein + HCl vorgenommen, im allgemeinen haben wir uns aber an die Herrmann'sche Methode gehalten.

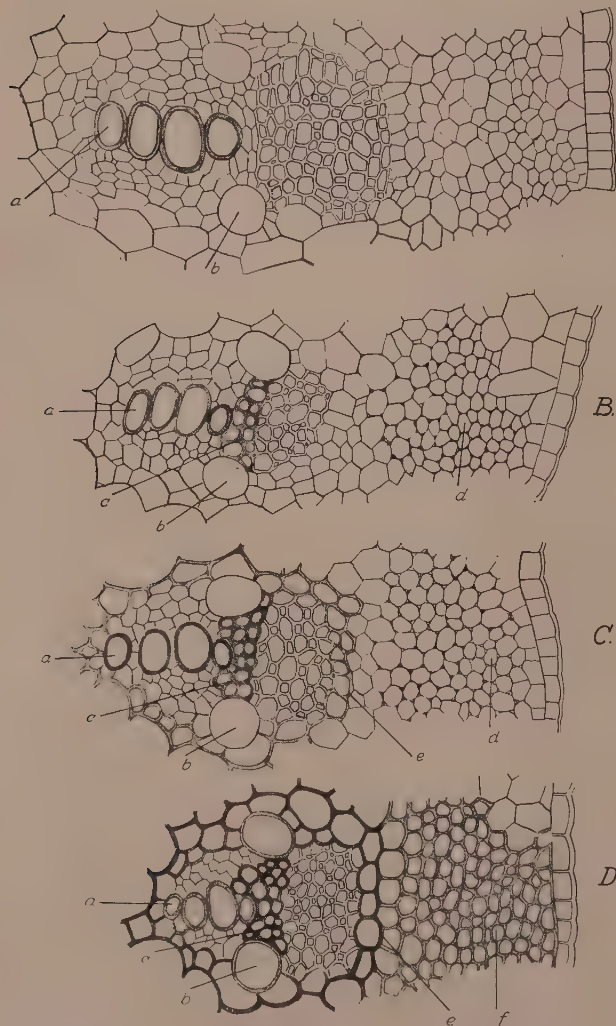



Abb. 7. Querschnitte durch den Stengel von *Dactylis glomerata* in verschiedenen Abständen vom Stengelknoten: A = dicht über dem Knoten, B = 1 cm, C = 2 cm, D = 4 cm über dem Knoten.

a = Ringgefäße. b = Tracheen. c = Sklerenchymbrücke. d = kollenchymatisches Gewebe. e = Bastscheide des Gefäßbündels. f = subcortikaler Bastring. — Leitz Obj. 1; Ok. 6. Original.

Die mechanischen Elemente des erwachsenen Grasstengels gehören drei von einander unabhängigen Systemen an: der Epidermis, dem subcorticalen Bastring und den Gefäßbündeln. Die Zug- und Druckfestigkeit letzterer wird bedingt durch 1. die sie ringförmig umgebenden Bastscheiden; 2. eine parallel zur Stengeloberfläche durch die Mitte des Gefäßbündels verlaufende Brücke von sklerenchymatischem Gewebe, welche zwischen den beiden, für die Gramineen so charakteristischen Tracheen liegt und aus 1—3 Zellagen besteht; 3. die m. o. w. starke Verholzung der Wandungen bei Gefäßen und Tracheiden.

Als Beispiel für die gefundenen Verhältnisse wollen wir unsere Untersuchungen am Stengel von *Dactylis glomerata* eingehend darlegen.

Kurz über dem Stengelknoten ist das Gewebe noch sehr wenig differenziert (Abb. 7 A). Die äußeren Zellwände der Epidermis sind dünn, die Bastscheide um die Gefäßbündel ist nur durch eine halbkreisförmige Anordnung der Zellen angedeutet. Im Phloem sind die Größenunterschiede zwischen Siebröhren und Geleitzellen stellenweise kaum zu bemerken. Verholzt sind nur die Wandverdickungen der Ring- und Schraubentracheiden. — Einen halben Zentimeter höher zeigen sich im subcorticalen Stützgewebe die ersten kollenchymatischen Wandverdickungen und zwar im äußeren Drittel. Die Zahl der Zellagen zwischen dem Phloem und der äußeren Schraubentracheide hat sich bedeutend verringert. Dieser Umstand kommt auf unseren Abbildungen nicht zur Geltung, da der in Abb. 7 A dargestellte Schnitt zufällig eine Schicht getroffen hat, die ebenso, wie die nächstfolgende Abb. 7 B, hier nur 2 Zellagen zeigt. Im übrigen sind die Wandstärken in den einzelnen Zellkomplexen unverändert geblieben, auch im Grade der Verholzung hat sich nichts geändert. — Einen Zentimeter über dem Stengelknoten (Abb. 9 B) ist das ganze Stützgewebe des zukünftigen Bastringes zum typischen Kollenchym geworden. In den Gefäßbündeln macht die Differenzierung große Fortschritte. Im Phloem haben die Größenunterschiede zwischen Siebröhren und Geleitzellen teilweise ihr endgültiges Verhältnis erreicht. Die Sklerenchymbrücke zwischen den Tracheen zeigt deutliche, gleichmäßige Wandverdickung. Es ist nicht uninteressant zu bemerken, daß hier ein kollenchymatisches Zwischenstadium fehlt. Es beginnt aber die Ablagerung inkrustierender Substanzen, sowohl hier. wie in einzelnen Zellen der inneren Hälfte der Schutzscheide (die äußere Hälfte ist nur schwach angedeutet). Auch die Wandungen der Tracheen zeigen nach der Behandlung mit Safranin (s. o.) eine leichte Rosafärbung. Die Wände der Epidermis bleiben dagegen ungefärbt. — Zwei Zentimeter über dem Stengelknoten (Abb. 7 C) hat die Zellwandstärke des Bastringes erheblich zugenommen, verrät aber durch die noch deutlich wahrnehmbaren Verdickungen an den Ecken den kollenchymatischen Charakter dieses Gewebes. Die Bastscheide der Gefäße hat sich geschlossen, die Zellwände haben beinahe ihre endgültige Dicke erreicht und beginnen zu verholzen. Die Sklerenchymbrücke zwischen den Tracheen ist vollständig ausgebildet. Bei der Epidermis macht sich nur eine unbedeutende Verdickung der äußeren Zellwände, aber noch keine Verholzung, bemerkbar. — Auf 4 cm Entfernung vom Stengelknoten (Abb. 7 D) haben alle Gewebeelemente des Stengels, mit Ausnahme der Epidermis, ihre volle Ausbildung erlangt. Bei der Epidermis fängt hier die Verholzung an, die normale Wandstärke wird aber erst bei 8 cm Entfernung vom Stengelknoten erreicht. —

Beseitigt man an einer frischen Pflanze die den Stengel umgebende Blattscheide, so kann man rein äußerlich drei ziemlich gut voneinander getrennte Zonen des Stengels unterscheiden: 1. den blassen, biegsamen basalen Stengelteil, der im vorliegenden Beispiel eine Länge von 4 cm hat. Seine obere Grenze fällt also zusammen mit dem Beginn der Verholzung in den Epidermiszellen. 2. Eine schon merklich gefestigte, stärker gefärbte Übergangszone von etwa 3 cm Länge, die nach oben in den 3. normal gefärbten, steifen, vollständig ausgebildeten Stengel übergeht. Die Übergangszone ist charakterisiert durch eine stark zunehmende Verdickung der äußeren Epidermiswandungen, die zugleich ihren endgültigen Verholzungsgrad erreichen.

Tabelle I, Stengel von *Dactycis glomerata.*

| Höhe über dem Stengelknoten | Epidermis, äußere Zellwand | | Subcorticaler Sklerenchymring | | Bastscheiden der Gefäße | | Sklerenchymbrücke | | Tüpfelgefäße (Tracheen) | Spiral- u. Ringgefäße | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| cm | A | B | A | B | A | B | A | B | B | B | |
| 1 | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | 7 | 8 |
| 8 | 6,1 | 4 | 4,0 | 4 | 4,5 | 4 | 4,5 | 4 | 4 | 4 | Ausgewachsener Stengel |
| 7 | 5,0 | 4 | 3,8 | 4 | 4,5 | 4 | 4,5 | 4 | 4 | 4 | |
| 6 | 4,5 | 4 | 3,5 | 4 | 4,5 | 4 | 4,5 | 4 | 4 | 4 | Übergangszonen |
| 5 | 4,0 | 3 | 3,0 | 4 | 4,5 | 4 | 4,5 | 4 | 4 | 4 | |
| 4 | 3,2 | 2 | 2,5 | 4 | 4,5 | 4 | 4,5 | 4 | 4 | 4 | |
| 3 | 2,9 | 1 | 2.0 | 3 | 4,5 | 4 | 4,5 | 4 | 4 | 4 | |
| 2 | 2,5 | 0 | 1,3 | 2 | 4,5 | 3 | 4 5 | 4 | 3 | 4 | |
| 1,5 | 2,2 | 0 | 1,0 | 1 | 4,5 | 2 | 4,5 | 3 | 2 | 4 | |
| 1 | 2,0 | 0 | 1,0 | 0 | 1,2 | 1 | 3,0 | 1 | 2 | 3 | Gefahrenzone |
| 0,5 | 2,0 | 0 | 0,5 | 0 | 0,5 | 0 | 0,5 | 0 | 1 | 2 | |
| 0 | 2,0 | 0 | 0,3 | 0 | 0,3 | 0 | — | 0 | 0 | 2 | |

A Zellwanddicke in $\mu$.
B Grad der Verholzung: 0 = unverholzt, 4 = stark verholzt, 1—3 Zwischenstufen.

Nun lehrt uns die Erfahrung, daß die gegen mechanische Verletzungen am meisten empfindlichen Partien des Stengels in einer Höhe bis zu etwa 1½ cm vom Stengelknoten liegen. Man kann direkt von einer „Gefahrenzone“ reden, und wir wollen diesen Ausdruck vorläufig beibehalten. Es ist demnach unsere Aufgabe, die Gefahrenzone zu charakterisieren und ihre Grenzen nach oben und nach unten festzustellen. Zu diesem Zweck ergänzen wir unsere oben gemachten Angaben durch Messungen der Zellwandstärken und erhalten dann die Tabelle I.

Bei der beschränkten Zeit, die uns zur Verfügung stand, haben wir die übrigen Grasarten leider noch nicht in so ausführlicher Weise untersuchen können, wie *Dactylis glomerata*. Wir können nicht umhin,

an dieser Stelle die unbedingte Notwendigkeit dieser Arbeit zu unterstreichen. Denn die Ausdehnung der Gefahrenzone ist maßgebend für die Wirkung eines Thysanopterenbefalles und wahrscheinlich auch vieler anderer Beschädigungen. Immerhin konnten wir bei den meisten Wiesengräsern feststellen, daß sie alle im großen und ganzen dasselbe Bild zeigten, wie *Dactylis*, wogegen die absoluten Zahlen sehr typische Unterschiede aufwiesen. Im allgemeinen ist die Gefahrenzone dadurch charakterisiert, daß in ihr die Zellwandungen des Stützgewebes der Gefäßbündel (Tabelle I, Spalte 4 und 5) noch nicht ihre endgültige Stärke erreicht haben und eine Verholzung — mit Ausnahme der Wandverdickungen in den Ringgefäßen — gar nicht oder nur sehr schwach eingetreten ist. Ganz besonders deutlich ist an der oberen Grenze der Gefahrenzone das sprunghafte Zunehmen der Wandstärke bei den Bastscheiden (Spalte 4) und den sklerenchymatischen Elementen zwischen den Tracheen (Spalte 5), sowie die beginnende Verholzung des subcorticalen Bastringes (Spalte 3). Auffälligerweise scheinen Wandstärke und Verholzungsgrad der Epidermis bei der Abgrenzung der Gefahrenzone keine Rolle zu spielen.

Dieses trifft aber nur im vorliegenden Spezialfalle zu. Denn vergleichen wir die bei *Dactylis glomerata* gewonnenen Resultate mit den Untersuchungsergebnissen bei anderen Gräsern, so finden wir, daß z. B. bei *Lolium perenne*, welches fast nie unter den Folgen eines Thysanopterenschadens zu leiden hat, die Verholzung der Epidermis bereits kurz über dem Stengelknoten einsetzt. *Poa pratensis* und *Avena elatior*, die beide stark anfällig sind, haben eine viel längere Gefahrenzone, wie *Dactylis*, bei ihnen beginnt aber die Verholzung aller in Betracht kommenden Gewebeelemente fast gleichzeitig. Die absolute Ausdehnung der Gefahrenzone ist auch bei ein und derselben Pflanze großen Schwankungen unterworfen. Sie hängt in erster Linie von dem absoluten Alter des betreffenden Sprosses ab: schnellwachsende Frühlingstriebe haben eine längere Gefahrenzone, wie die Herbsttriebe. Die Nahrungsverhältnisse spielen eine große Rolle: einseitige Stickstoffdüngung und feuchter Standort verlängern nach unseren Beobachtungen die Gefahrenzone, trockener Standort und Überfluß an Phosphorsäure verkürzen sie. Man darf aber nicht vergessen, daß die „Anfälligkeit" durchaus nicht allein von der Ausdehnung der Gefahrenzone abhängt, sondern daß hier noch viele andere Umstände mitsprechen. Wir erinnern hier z. B. nur an die Zugänglichkeit zur Stengelbasis: eine den Stengel fest umschließende Blattscheide wird auch eine ausgedehnte Gefahrenzone gegen den Befall schützen können, während eine lockere Umhüllung wie z. B. beim Wiesenfuchsschwanz, auch eine kurze Gefahrenzone den Angriffen der Schädlinge preisgibt. Deshalb wäre es verkehrt, anzunehmen, daß etwa verstärkte Düngung mit Phosphorsäure die Anfälligkeit

verringern könnte. Sie wird es nur dann tun, wenn zugleich eine Reihe anderer Forderungen erfüllt ist. Und ebenso steht es mit der Bewässerung, den Temperaturverhältnissen usw. Somit ist die obere Grenze der Gefahrenzone eine anatomische, d. h. sie ist durch Art und Entwicklungsgrad gewisser Gewebeelemente bestimmt, während die untere Grenze eine biologische ist: sie liegt nämlich an der Stelle, bis zu welcher die Tiere bei der Nahrungssuche vordringen können. Es ist wichtig im Auge zu behalten, daß die Gefahrenzone sich keineswegs mit der sog. „Streckungszone" deckt, sondern daß sie nur einen kleinen Teil der letztgenannten bildet.

Das komplizierte mechanische System des Grashalmes ist nun in ein zweites System höherer Ordnung eingegliedert, nämlich in den Trieb. Man kann letzteren betrachten als einen beweglichen Stab, der sich in einer Führung befindet: den Stab stellt der Stengel dar, die Führung wird durch die Blattscheide gebildet, und die bewegende Kraft ist der Druck, der von dem wachsenden Gewebe ausgeübt wird (Wachstumsdruck). Unter normalen Verhältnissen ist die Führung eine m. o. w. feste, der Druck ist gleichmäßig in einer Richtung auf alle das System zusammensetzende Elemente verteilt. Wenn aber durch Substanzverlust — im vorliegenden Falle durch Aussaugen einer Stengelpartie — das System gestört wird, so müssen an der Schadstelle Stauchungen und Knickungen eintreten, welche die physiologischen Funktionen des Stengels beeinträchtigen (s. Abbild. 9). In erster Linie werden hiervon die Zufuhrbahnen für Wasser und Assimilationsprodukte, also die Gefäßbündel, betroffen, und zwar in um so stärkerem Maße, je weniger sie selbst resp. das sie umgebende Schutzgewebe mechanisch gefestigt sind. Wir sahen oben, daß die wasserführenden Gefäße zum Teil schon sehr früh verholzen, daß dagegen die Schutzscheide des Phloems im Verlauf der Gefahrenzone sehr schwach ausgebildet ist. Es ist demnach zu erwarten, daß eine schwache Knickung zunächst bloß die Bewegung der Assimilationsprodukte unterbindet, während die Wasserversorgung nur wenig beeinträchtigt wird, denn es scheiden ja unter Umständen bloß die beiden Tüpfelgefäße aus. Von einer gewissen Stärke des Druckes an werden aber auch die Tracheiden in Mitleidenschaft gezogen, so daß




Abb. 8. Schematische Darstellung der sukzessiven Ausdehnung eines *Thrips*-Fleckes. Original.

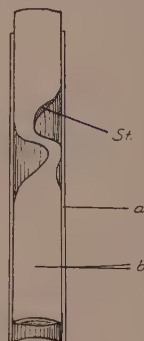



Abb. 9. Schematische Darstellung der Halmknickung infolge Lockerwerden der Führung.
a = Blattscheide. b = Halm. St = Stichstelle mit Schrumpfung unterhalb derselben. Original.

dann die Wasserversorgung der spitzenwärts gelegenen Teile gänzlich unterbrochen wird. Wir erwähnten bereits bei der Besprechung der chemisch-physiologischen Veränderungen, daß der Schadfleck sich nicht gleichmäßig um die Stichwunde ausdehnt, sondern exzentrisch (s. Abb. 8) und sprachen die Vermutung aus, daß diese Erscheinung sich zum Teil wenigstens durch das Absacken irgendwelcher chemisch aktiver Stoffe erklären läßt. Behalten wir im Auge, daß es sich in der weitaus größten Zahl der Fälle um das oberste Internodium handelt. Nun haben schon früher verschiedene Forscher, zuletzt Boonstra (6) darauf hingewiesen, daß die Versorgung des obersten Internodiums mit Nährstoffen hauptsächlich durch die vegetativen Teile der Infloreszenz (Spelzen) erfolgt. Es ist daher leicht möglich, daß die Assimilationsprodukte sich im Verlaufe dieses Halmteiles nicht aufwärts, sondern abwärts bewegen. Eine Unterbrechung des Leitungsstromes würde sich also unterhalb der Schadstelle auswirken, und da sich diese Annahme mit den beobachteten Tatsachen deckt, glauben wir sie hier anführen zu müssen.

Außerordentlich wichtig und interessant sind die Ergebnisse zweier Versuchsreihen, die im hiesigen Institut für Pflanzenkrankheiten durchgeführt worden sind.

1. Dr. Goetze prüfte die Folgen verschiedener Verletzungen (Stiche, Schnitte, Hiebe) auf dem wachsenden Stengel und fand, daß genügend feine Stichwunden im Bereiche der intercalaren Wachstumszone stets eine Stengelschrumpfung unterhalb der Wundstelle hervorriefen. Diese Versuche sind noch nicht veröffentlicht, der Autor hat uns aber freundlicher Weise gestattet, schon jetzt auf seine Resultate hinzuweisen, wofür wir ihm an dieser Stelle unseren herzlichsten Dank aussprechen. Es war für den Ausgang der Versuche gleichgültig, ob die Verwundung mit einer sterilen Nadel vorgenommen wurde oder mit einer Nadel, die mit Preßsaft aus Thysanopteren infiziert worden war. Die Stengelschrumpfung allein darf also nicht als Beweis für einen vorhergegangenen Thysanopterenbefall gelten. Nur im Zusammenhang mit dem Nachweis der typischen Thysanopterenstiche ist eine derartige Schlußfolgerung berechtigt. Durch laufende Untersuchung mehrerer tausend affizierter Grashalme konnten wir eine ununterbrochene Reihe von Schadbildern feststellen, die, angefangen vom harmlosen „Thripsfleck", über die verschiedenen Stadien bis zur ausgesprochenen Schrumpfung führten. Bei verhältnismäßig jungen Beschädigungen, wo also makroskopisch nur ein teilweises Einsinken des Stengelgewebes oder eine schwache Einschnürung zu bemerken war, gelang uns der Nachweis primärer Beschädigungen durch Thysanopteren in 100 % der Fälle. Je älter der Schaden ist, desto unsicherer wird natürlich der Nachweis, denn allerhand äußere Einflüsse können in dem ohnehin geschwächten Zellkomplex Erscheinungen hervorrufen, die das ursprüngliche Bild verschleiern.

Wir geben aus unseren Protokollen folgenden Auszug zur Illustrierung.

| Nr. | Datum | Art | Zahl der untersuchten Halme | Davon mit typischen nachweisbaren Stichstellen | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 12. V. 31 | *Poa pratensis* | 120 | 120 = 100 % | Rispen im Schossen, beginnende Schrumpfung |
| 3 | 19. V. 31 | ,, ,, | 500 | 500 = 100 % | Rispen geschoßt, ausgebildete Schrumpfung |
| 4 | 28. V. 31 | ,, ,, | 360 | 195 = 54 % | dto. |
| 7c | 11. VI. 31 | ,, ,, | 52 | 26 = 50 % | dto. |
| 9 | 13. VI. 31 | Roggen | 187 | 47 = 25 % | dto. |

Innerhalb der fünf angeführten Gruppen gehören die Schadbilder zu gleichen Entwicklungsstadien, unabhängig davon, ob sich die Primärbeschädigung auffinden ließ oder nicht. Sobald die verletzte Stelle etwas stärker eingetrocknet ist — was im Verlauf der Entwicklung eintreten muß — läßt sich ein Thysanopterenstich überhaupt nicht mehr einwandfrei nachweisen. Daher die steigende Zahl der negativen Resultate. Wäre ein neuer Schädling zu dem ursprünglichen Thysanopterenbefall hinzugetreten, so müßten wir ein Frühstadium der Beschädigung gefunden haben, das von dem uns bekannten abweicht. Dieses ist bisher nicht der Fall gewesen. Aber selbst wenn wir die Möglichkeit offen lassen, daß hier ein Übersehen unsererseits vorliegt, so kann es sich doch nur um eine sehr beschränkte Zahl von Fällen handeln. Wir glauben daher berechtigt zu sein, die Behauptung aufzustellen, daß die Stengelschrumpfungen innerhalb der Wachstumszone fast ausschließlich auf Thysanopterenstiche zurückzuführen sind.

2. Da von vielen Seiten die Vermutung ausgesprochen worden war, daß die Stengelschrumpfung eine Folge ungenügender Wasserzufuhr sei (15, 26—28), sahen wir uns veranlaßt, diese Hypothese experimentell nachzuprüfen. Unsere Versuche führten eindeutig zu dem Resultat, daß Wassermangel vor dem Schossen und ebenso während des Schossens wohl ein Vertrocknen einzelner Blütchen resp. Ährchen hervorruft, und zwar in Abhängigkeit von dem Entwicklungszustand, niemals aber eine Stengelschrumpfung. Das Moment „Wassermangel“ kommt also nur in Betracht bei Analyse der sog. partiellen Weißrispigkeit, spielt aber bei der totalen Weißrispigkeit, sofern diese nach Stengelschrumpfung eintritt, keine Rolle. Dieses ist leicht verständlich, wenn man im Auge behält, welch ungeheure Menge von Baustoffen die sich entwickelnde Rispe benötigt. Da es sich hierbei um den Transport wässriger Lösungen handelt, wobei das Wasser hauptsächlich die Rolle eines Ballaststoffes

spielt, kann der Wasserverbrauch eines Blütenstandes uns einen Maßstab für den Nährstoffbedarf geben. Natürlich ist das eine ganz rohe Methode — man erhält aber immerhin einige Anhaltspunkte, wenigstens bezüglich der Größenordnung. Wir schloßen mehrere kurz vor der Anthese befindliche Rispen von *Phleum pratense* in Glasröhren ein, und zwar abends. Am anderen Morgen, also nach Verlauf von 12 Stunden, wurde das angesammelte Wasser gemessen. Es ergab sich, daß von jedem Zentimeter des Blütenstandes durchschnittlich 1 ccm Wasser — durch Guttation und Transpiration — ausgeschieden worden war. Eine Pflanze mit 50 Halmen, von denen jeder eine etwa 10 cm lange Rispe trägt, verarbeitet also in einer Nacht ½ Liter Wasser bloß in den Blütenständen. Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß eine Unterbrechung der $H_2O$-Zufuhr bei einem derartigen Bedarf zu schweren Störungen führen muß, und zwar hauptsächlich in den Organen, die diesen Bedarf hervorrufen, also den Blüten. Art und Grad der Störung werden aber in weitestem Umfange von den speziellen Eigenschaften der betr. Pflanze abhängen: während einige Gräser auf Wassermangel nur mit einer Wachstumsstockung reagieren, werden bei anderen bereits irreversible Plasmaveränderungen auftreten und als Folge hiervon der Tod der betroffenen Organe. Wir können hier auf diese sehr interessante Spezialfrage nicht näher eingehen und müssen uns mit der Konstatierung der Tatsache begnügen, daß Wassermangel bei den Gräsern sich in erster Linie auf die Blütenanlagen auswirkt und niemals Stengelschrumpfung hervorruft.

Nachdem wir in allgemeinen Zügen die Wirkung der Thysanopterenstiche auf das pflanzliche Gewebe dargelegt haben, wollen wir die resultierenden Schadbilder beschreiben und — soweit möglich — mit ähnlichen, aber durch andere Agentien hervorgerufenen Beschädigungen vergleichen. Da das augenfällige Schadbild oft weit ab von der eigentlichen Schadstelle entsteht und sich auch hier in stärkster Abhängigkeit vom Entwicklungszustand der Pflanze befindet, müssen wir im folgenden auf rein praktische Gesichtspunkte zurückgehen. Denn unsere Ausführungen sollen dazu dienen, dem Beobachter das möglichst schnelle Erkennen eines Thysanopterenschadens als solchen zu ermöglichen, ohne auf sehr subtile Untersuchungsmethoden angewiesen zu sein.

## I. Beschädigungen der Blätter und Blattscheiden.

1. Kleine, nadelstichgroße, durchsichtige, unregelmäßig oder in Reihen angeordnete, längliche Punkte: Eigelege (s. Abb. 12).

2. M. o. w. ausgedehnte weißliche Flecken ohne bestimmte Anordnung und ohne verfärbten Hof: Saugstellen. —

Wanzenstiche unterscheiden sich durch ihre ausgesprochene längliche Gestalt. Sie stehen meist dicht nebeneinander und bilden ein Muster, das an das „Moiré" bei Seidenstoffen erinnert. Das Ausbleichen der

Saugstellen tritt erst einige Zeit nach der Beschädigung ein, da Blattwanzen die Gefäßbündel anstechen und die Verfärbung des chlorophyllhaltigen Gewebes nur eine Folgeerscheinung der Verwundung ist. Die Thysanopteren dagegen saugen den Saft aus dem Assimilationsgewebe, so daß das Chlorophyll aus den Zellen entfernt wird (s. Abb. 11).

Blattläuse verursachen meist sehr große Flecken, die anfangs hellgrün sind, sehr bald einen gelben Hof bekommen und dann in der Mitte austrocknen. Die Tiere sind fast stets an der Schadstelle anzutreffen, wo sie große Kolonien bilden können (s. Abb. 12).



Abb. 10. Gelege von *Chirothrips manicatus* auf *Agropyrum repens*. Original.



Abb. 11. Saugflecken von Blattwanzen (*Notostira erratica*) auf *Phalaris arundinacea*. Original.



Abb. 12. Saugflecken von Blattläusen auf *Phalaris arundinacea*. Original.

3. Spitzendürre tritt ein, wenn ein Blatt an irgendeiner Stelle, die sich zur Zeit des Befalles noch innerhalb der Scheide des nächstunteren Blattes befindet, durch Stiche so stark lädiert wird, daß sich hier infolge des Wachstumsdruckes Knickungen bilden. Das Vertrocknen des abgeschnürten Endes findet meist erst dann statt, wenn die Schadstelle aus der umhüllenden Blattscheide herausgewachsen ist. Charakteristisch sind die weißlichen Saugstellen und die vielfachen Krümmungen unterhalb der trockenen Spitze (s. Abb. 13).

## II. Beschädigungen des Stengels.

1. Saugstellen in Gestalt weißer Flecken oder Striche. Letztere können davon herrühren, daß ein ursprünglich runder Saugfleck sich infolge des Stengelwachstums in die Länge gestreckt hat, oder daß ein Tier, basalwärts fortschreitend, an ein und demselben Parenchymstrang längere Zeit gesaugt hat. Solche Flecken sind nur am ausgewachsenen Stengel gut zu erkennen.

2. Schilfrig glänzende, vielfach eingesunkene, rundliche, ringförmige oder spiralige Saugstellen innerhalb der Wachstumszone. Die umfangreichen Einsenkungen sind meist eine Folge von Massenbefall und werden vorzugsweise im Frühsommer, zur Zeit

des Auftretens der ersten Larvengeneration beobachtet. Besonders günstig ist die Gelegenheit, wenn nach einer trockenen, kühlen Periode plötzlich Erwärmung, womöglich mit Regen, eintritt. Das Stadium der eingesunkenen Flecken geht dann aber schnell in eine typische Stengelschrumpfung über (s. unten). Ringförmige und spiralige Saugstellen sind die Fraßspuren einzelner Tiere, die sich instinktiv so tief wie möglich zwischen Blattscheide und Stengel verkrochen haben, um dort Nahrung zu suchen. Wächst der Stengel langsam oder gar nicht, so bleiben die Stichstellen in gleicher Höhe, bilden also im Grenzfalle einen Ring. Wächst der Stengel schnell, so wird das Tier nicht nur seitwärts, sondern auch abwärts vordringen: es entsteht eine Spirale. Wir fanden diese Art der Verletzung meist im zeitigen Frühjahr. Sie dürfte in erster Linie von den überwinterten Weibchen herrühren.

3. Stengelschrumpfungen sind in ihrem Anfangsstadium durch mannigfache Übergänge mit den oben beschriebenen Saugstellen verbunden. Wir finden sie meist kurz über dem obersten, seltener über dem 2. oder gar 3. Stengelknoten. Ausgedehnte Schrumpfungen sind häufig durch m. o. w. gesunde Abschnitte unterbrochen (s. Abb. 14 a). In frischen Fällen ist oberhalb der Schrumpfung der Stichfleck noch deutlich erkennbar, das gesunde Gewebe geht allmählich in die typische Zusammenziehung über, dagegen ist die Schadstelle nach unten meist scharf abgegrenzt. Im Laufe der Zeit wird aber auch die obere Grenze schärfer. Die eingeschnürte Stelle selbst wird farblos, Verfärbung tritt erst dann ein, wenn eine Infektion durch Pilze oder Bakterien erfolgt. Als Überträger dienen sowohl zugewanderte Thysanopteren, wie hauptsächlich Milben. Nach reinem Thysanopterenbefall findet kein Verjauchen, sondern nur ein Vertrocknen des Gewebes statt. Wir müssen bei dieser Gelegenheit wiederum betonen, daß das Auftreten von Einschnürungen eine Folge verschiedener mechanischer Verletzungen sein



Abb. 13. Blattspitzendürre bei *Poa pratensis* als Folge von *Thysanopteren*-Befall. Original.




Abb. 14. Stengelschrumpfungen verschiedenen Alters bei *Poa pratensis* als Folge von *Thysanopteren*-Befall. — Original.

kann. Sie sind demnach wohl typisch, aber nicht charakteristisch für einen Thripsbefall. Letzterer kann nur dann mit Sicherheit angenommen werden, wenn der Nachweis der primären Beschädigung gelungen ist. Nach unseren Beobachtungen prävalieren aber die Thysanopteren in so hohem Maße als Urheber der Stengelschrumpfung, daß man in 80 bis 90 % der Fälle sie für dieses Krankheitsbild verantwortlich machen kann.

## III. Beschädigungen des Blütenstandes und der Blüten.

1. Totale Weißrispigkeit ist stets eine Folge der oben beschriebenen Stengelschrumpfung, tritt aber auch nach Befall durch verschiedene Larven (Dipteren, Lepidopteren, sogar Coleopteren) auf, sofern durch letztere der Stengel durchgefressen wird. Charakteristisch ist das Vergilben und Vertrocknen der Blütchen, die hierbei eine strohgelbe Färbung annehmen, wogegen Stengel und vielfach auch die Rispenäste noch lange grün bleiben. Ein gleichzeitiges Vertrocknen von Stengel und Blüten tritt nur bei extremem Wassermangel ein und wird von uns als Verdorren bezeichnet. Es ist dies in unseren Breiten eine verhältnismäßig sehr seltene Erscheinung und konnte von uns im Verlauf der letzten 12 Jahre nur einmal (1929) in wirtschaftlich erheblichem Ausmaße beobachtet werden.

2. Weißfedrigkeit (= partielle Weißährigkeit) ist das vorzeitige Vertrocknen resp. Verkümmern einzelner Blütchen, die entweder gar nicht zurEntwicklung gelangen oder in einem sehr frühen Stadium absterben. Sie sind dann niemals gelblich gefärbt, sondern bleiben farblos resp. durchscheinend weißlich.

Symptomatisch unterscheiden wir eine regionale und eine zerstreute Weißfedrigkeit. Von ersterer sprechen wir, wenn bestimmte Abschnitte der Rispe (Basis, einzelne ganze Quirle, Spitze) befallen sind, von letzterer, wenn die mißgebildeten Blütchen scheinbar regellos im ganzen Blütenstand verstreut sind. Die Ursachen der Weißfedrigkeit können sehr verschiedener Natur sein, in vielen Fällen ist eine restlose Klärung nicht möglich. Ein Thysanopterenbefall liegt mit Sicherheit nur dann vor, wenn sich die primäre Beschädigung nachweisen läßt. In solchen Fällen fanden wir folgende Schadbilder:

a) Beim Befall ganz junger Blütenstände: mehr oder weniger weit nach unten reichende apikale Weißfedrigkeit. Die rudimentären Spelzen sind ganz weiß, ohne grüne Nerven. Stichstellen, falls überhaupt, am Blütengrunde nachweisbar.

b) Beim Befall kurz vor oder während des Schossens: Weißfedrigkeit ganzer Quirle. Oberhalb und unterhalb derselben sind nur die jeweils jüngsten Blütchen resp. Ährchen affiziert. In den Spelzen ist teilweise

die grüne Nervatur erhalten. Stichstellen an Rispenästen und am Blütengrund, häufig am Fruchtknoten.

c) Beim Befall bereits geschoßter Rispen: Ausbleichen einzelner Blütchen, frische Stichstellen fast ausnahmslos nur am Fruchtknoten. Grüne Nervatur der Spelzen erhalten.

Sehr ähnliche Schadbilder entstehen durch Frost, Dürre, aus physiologischen Gründen usw. Bei starkem Frostschaden ist meist nur der bereits geschoßte, aus der Blattscheide herausgetretene Teil des Blütenstandes abgetötet. Er nimmt schnell eine bräunliche Färbung an. Niedrige Temperaturen, die an und für sich noch nicht direkt schädigend wirken, können ein so starkes Zusammenziehen des oberen Teiles der Blattscheide hervorrufen, daß noch nicht genügend gefestigte Zufuhrbahnen in den Rispenästen abgeschnürt werden. Dies kann natürlich nur während des Schossens eintreten. Es resultiert eine regionale Weißfedrigkeit unter Erhaltung der grünen Spelzennervatur.

Physiologische Weißfedrigkeit tritt meist nur an der Blütenstandsbasis auf, seltener an der Basis und zugleich an der Spitze, niemals an der Spitze allein. Spelzen resp. Blütchen sind in der Entwicklung ganz zurückgeblieben und nur als weißliche Schuppen ohne jede Spur von Chlorophyllbildung erhalten. Es sind immer nur einzelne Pflanzen, niemals ganze Flächen (wie beim Frost) befallen. Die Ursache der physiologischen Weißfedrigkeit ist noch nicht endgültig geklärt. Doch spricht vieles dafür, daß sie auf ein (vererbliches!) Mißverhältnis zwischen Wachstumsenergie der oberirdischen Pflanzenteile und Saugkraft (Saugfähigkeit) des Wurzelsystems zurückgeführt werden kann. Wenigstens fanden wir sie meist bei frohwüchsigen Pflanzen mit schwach ausgebildetem Wurzelsystem. In feuchten Jahren tritt die Erscheinung seltener auf.

Trockenheit wirkt individuell sehr verschieden stark. Sie hindert die Weiterentwicklung der Blütchen, die besonders in einem gewissen jugendlichen Stadium empfindlich sind. Es wird also eine zerstreute Weißfedrigkeit mit Erhaltung der grünen Spelzennerven hervorgerufen. Noch nicht geschoßte Rispen leiden nach unseren Versuchen wenig. Die Wirkung tritt bei Kulturen in Vegetationsgefäßen meistens erst 12—14 Tage nach Unterbrechung der Wasserzufuhr auf, vielfach noch später.

3. Weißfleckigkeit der Spelzen ist eine Parallelerscheinung zu der Weißfleckigkeit der Blätter. Neben Thysanopteren kommen auch andere Insekten als Erreger in Betracht. Nur wäre zu bemerken, daß im Gegensatz zu den Blättern hier auch nach reinem Thysanopterenbefalle ein Verfärben der Flecken eintreten kann. Wir erklären uns diese Erscheinung durch den starken Saftzustrom gerade während

des Blühens: die Wunden „bluten" erheblich und der ausgetretene Saft bildet einen guten Nährboden für allerhand Pilze und Bakterien. Der Erreger läßt sich nur dann mit Sicherheit feststellen, wenn es gelingt, ihn „in flagranti" zu ertappen, was aber meist nicht schwierig ist. —

### Literaturverzeichnis.


1) Ambronn, Dr. H.: Über die Entwicklungsgeschichte und die mechanischen Eigenschaften des Kollenchyms. — Jahrb. wiss. Bot. **12**, 473—541, 1879—81.
2) Barger, G.: Neues über die Chemie der Hormone. — Naturwiss. **16**, 940 bis 944, 1928.
Bielert, s. Schander und Bielert.
3) Bliesenick, H.: Über die Obliteration der Siebröhren. — Diss. Berlin 1891.
4) Boas, Fr.: Die Pflanze als kolloidales System. — Naturwiss. u. Landwirtschaft, Heft 14, 1928.
5) Bohls, I.: Die Mundwerkzeuge der Physopoden. — Diss. Göttingen 1891.
6) Boonstra: Pflanzenzüchtung und Pflanzenphysiologie. — Der Züchter, **3**, 345—352, 1931.
7) Brehmer, v.: Die anatomischen und mikrochemischen Veränderungen des Kartoffelleptoms. — Rep. Internat. Conf. of Phytopath. Wageningen, 1923.
8) Bremi: Über die schwarze Fliege (*Thrips haemorrhoidalis*). — Stett. Ent. Z. **16**, 313—315, 1855.
9) Brieger, Fr.: Untersuchungen über den Wundreiz. — Ber. Bot. Ges. **42**, 79—90, 1924.
10) Fränkel, R.: Hauptwirkungen der allgemeinen Regenerationshormone. — Arch. Klin. Chir. **155**, 215—213, 1929.
11) Haberlandt, G.: Über Zellteilungshormone usw. — Biol. Z. **42**, 145—172, 1922.
12) — — Physiologische Pflanzenanatomie. 4. Aufl. Leipzig 1924.
13) Jordan, A. Anatomie und Biologie der Physapoda. — Z. f. wiss. Zool. **47**, 541—620, 1888.
14) Kaufmann, O.: Die Weißrispigkeit der Wiesengräser und ihre Bekämpfung. — Arb. Biol. Reichsanstalt **13**, 497—567, Berlin 1925.
15) Körting, A.: Beitrag zur Kenntnis der Lebensgewohnheiten und der phytopathogenen Bedeutung einiger an Getreide lebender Thysanopteren. — Z. angew. Ent. **16**, 451—512, 1930.
16) Krehl, L.: Pathologische Physiologie. — Leipzig 1923.
17) Küster, E.: Pathologische Pflanzenanatomie. — 3. Aufl. Jena 1925.
18) Oppenheimer, C.: Chemie der Hormone und Vitamine. — D. med. Wochenschau **58**, 17—19, 1932.
19) Oppenheimer, H. R.: Dehnbarkeit und Turgordehnung der Zellmembran. — Ber. Bot. Ges. **48**, 192—206, 1930.
20) Priesner, Prof. Dr. H.: Die Thysanopteren Europas. — Wien 1926.
21) Quanjer: Die Nekrose des Phloems der Kartoffelpflanze etc. — Medd. v. d. Rijks Hoogern Land-Tuin-en Boschbouwschool, Deel 4, Wageningen 1913.
22) Raab, W.: Hormone und Stoffwechsel. — Naturw. u. Landwirtsch., Heft 10, 1926.
23) Schander und Bielert: Nekrose und andere Degenerationserscheinungen im Phloem der Kartoffelknolle. — Arb. Biol. Reichsanstalt **15**, 611—670, 1928.

24) Schellenberg, H.: Beiträge zur Kenntnis der verholzten Zellmembran. — Jahrb. wiss. Bot. 24, 237—266, 1896.
25) Schilling, E.: Zur Kenntnis des Hagelflachses. — „Faserforschung" 1, 102—120, 1921.
26) Schwarz, O.: Zur Agrargeographie des kultivierten Moores. — „Die Ernährung der Pflanze" 27, 128—135, 1931.
27) Schwarz, O. und Tomaszewski, W.: Untersuchungen über das Auftreten der Gräserkrankheiten im Randowbruch. — Nachrichtenblatt f. d. Deutsch. Pflanzenschutz Nr. 12, 1929.
28) Schwarz, O. und Tomaszewski, W.: Zur Ökologie und Phytopathologie des Grassaatbaues. — Angew. Bot. 12, 1930.
29) Sonntag, P.: Die Beziehungen zwischen Verholzung, Festigkeit und Elastizität veget. Zellwände. — Landw. Jahrb. 21, 839—869, 1892.
30) Staar, G.: Beiträge zur indirekten Diagnose von Hagelfällen. — Pflanzenbau 6, 317—328, 1930.
31) Thoenes, H.: Morphologie und Anatomie von *Cynosurus Cristatus* etc. — Bot. Arch. 25, 204—346, 1929.
Tomaszewski: s. Schwarz und T.
32) Trendelenburg, P.: Die Hormone. — Berlin 1929.
33) Verworn, M.: Allgemeine Physiologie. — Jena 1931.
34) Weber, H.: Biologie der Hemipteren. — Biol. Studienbücher, II, Berlin 1930.
35) Woods, A. F.: Stigmonose: A disease of carnations and other pinks. — U. S. Dept. of Agriculture, Bull. Nr. 19, 1900.
36) Zweigelt, Fr.: Beitrag zur Kenntnis des Saugphänomens der Blattläuse usw. Cent. Bakt. 2. Abtl., 42, 205—335, 1915.

# Berichte.

## I. Allgemeine pathologische Fragen.

### 5. Rassenbildung bei Parasiten und Wirten.

**Slogteren, E. van. Biologische Rassen.** Mitteilung Nr. 40 des Laboratorium voor Bloembollen-Onderzoek te Lisse, 1931, 13 S., 1 Tafel.

Slogteren hat gezeigt, daß es nicht möglich ist, das auf Hyazinthen vorkommende *Tylenchus devastatrix* Kühn auf Narzissen zu übertragen. Fünf Jahre hintereinander von Hyazinthen auf Hyazinthen übertragene Narzissenälchen riefen an den Hyazinthen keinerlei Schaden von Bedeutung hervor. Bei der Zurückbringung auf Narzissen stellte sich aber sofort die typische Erkrankung der Narzissen ein. Allein aus der Tatsache, daß *Tyl. devastatrix* auf verschiedenen Pflanzen Mißbildungen hervorruft, darf nicht auf Rassenübereinstimmung geschlossen werden. Besonders die Keimpflanzen geben leicht Anlaß zu der Annahme einer genotypischen Übereinstimmung, während in Wirklichkeit eine solche nicht besteht. Auch ungünstige Wachstumsbedingungen können in dieser Beziehung zu irrigen Schlüssen führen. Älchen von Phlox, Roggen oder Kartoffel vermochte Slogteren, ungeachtet starker künstlicher Verseuchung, niemals auf Hyazinthen oder Narzissen anzusiedeln. Zu der von einigen Forschern vertretenen Annahme einer Anpassungsmöglichkeit müßten somit überzeugendere Beweise beigebracht werden als die bis jetzt vorliegenden.

Einleitend gibt Slogteren einen Rückblick auf die Stellungnahme von Schroeter, Eriksson, Rostrup, Magnus, Porsch, Bos, Baunacke, Stakman, Nilson-Ehle zur Frage der biologischen Rassen.

Hollrung.

## II. Krankheiten und Beschädigungen.

### A) Physiologische (nicht parasitäre) Störungen.

#### 2. Nicht infectiöse Störungen und Krankheiten.

##### a. Ernährungs(Stoffwechsel)-Störungen und Störung der Atmung (der Energiegewinnung) durch chemische und physikalische Ursachen und ein Zuviel oder Zuwenig notwendiger Faktoren.

**Wóycicki, S. Einfluß des Winterfrostes 1928/29 auf Holz und Rinde unserer Obstbäume.** Die Gartenbauwissenschaft, Bd. 5 (1931), S. 48, 4 Abb.

An den Zweigen und Ästen vom Frost geschädigter Obstbäume fällt vor allem die dunkelbraune Verfärbung des Holzkörpers in die Augen. Bei der mikroskopischen Untersuchung wurde in den Tracheen und Tracheiden eine gelbliche bis bräunliche gummiartige Substanz festgestellt, welche unter Umständen den ganzen Innenraum dieser Zellgebilde erfüllt. Charakterisiert ist diese durch intensive Rotfärbung mit Rutheniumrot (Pektingummi) und Rotfärbung mit Phloroglucin-Salzsäure. Die Bildung dieses „Wundgummi" aus der im Holzkörper abgelagerten Stärke unter Beteiligung verholzter Wandungen wurde bestätigt. Bei der Birne tritt Wundgummibildung stark zurück. Auffallend ist ferner bei frostgeschädigten Birnen- und Apfelbäumen das Verhalten des Kambiums durch Bildung eines besonderen Holzparenchyms und einer Korkschicht (häufig bei Birnen), welche das neu zu bildende Gewebe von dem frostgeschädigten Holz abgrenzt. Elßmann.

**Zahn, H. Untersuchungen über Spätfrostschäden an der Rebe.** Die Gartenbauwissenschaft, Bd. 4 (1931), S. 553, 15 Abb.

Neben ziemlich umfangreichen allgemeinen Ausführungen über Spätfröste und Spätfrostschäden, wobei auch die Spätfrostschäden der Jahre 1926, 1927 und 1928 innerhalb des fränkischen Weinbaugebietes besprochen werden, bringt die Arbeit die Untersuchungsergebnisse, welche der Verfasser hinsichtlich des Verhaltens von Reben nach Eintritt von Spätfrösten im Jahre 1928 im Rebenzuchtgarten in Veitshöchheim gewonnen hat. Die Rebsorten Riesling, Sylvaner und Müller-Thurgau ließen keine Unterschiede in der Empfindlichkeit gegenüber Spätfrösten erkennen. Die verschieden starke Schädigung dieser Sorten durch Spätfröste war begründet in den verschiedenen Austriebszeiten. Die Müller-Thurgau-Rebe, den anderen Sorten in der Entwicklung voraus, war am stärksten geschädigt, Sylvaner, in der Entwicklung am weitesten zurück, wies die verhältnismäßig geringsten Frostschäden auf. Der Nachtrieb war bei Müller-Thurgau am reichsten. Da das Traubenprozent bei Tragreben auf altem Holz höher als bei solchen auf jungem Holz ist, und dieses Verhalten bei frostgeschädigten Reben noch stärker als bei unbeschädigten hervortritt, wird empfohlen, in Spätfrostgefährdeten Lagen die Tragreben vorwiegend auf altem Holz anzuschneiden. Für die Müller-Thurgau-Rebe wird dies sogar gefordert. Denn bei dieser Sorte sind jene Unterschiede besonders groß. Hinsichtlich des Ertrages und Mostgewichtes war die Müller-Thurgau-Rebe nach Spätfrösten den anderen Sorten überlegen. Sie ist daher für Frostlagen zu bevorzugen. Elßmann

## B. Parasitäre Krankheiten verursacht durch Pflanzen.

### 1. Durch niedere Pflanzen.

#### d. Ascomyceten.

**Rubner. Beiträge zur Verbreitung und waldbaulichen Behandlung der Lärche.** Tharandter Forstl. Jahrb., 1931, S. 153.

Krebs ist in allen natürlichen Verbreitungsgebieten der Lärche vorhanden, doch ungleich häufig, z. B. ist er in Westtirol sehr selten, im Oberengadin recht häufig. Nur in Grenzgebieten und im Vorderrheintal schädigt er wirtschaftlich den Anbau. Der hauptsächliche Teil der Arbeit beschäftigt sich mit der Verbreitung der Lärche und ihrer Rassen in Europa.

Matouschek.

**Petrak, F. Beiträge zur Kenntnis einiger Pilzkrankheiten der Kakteen.** Die Gartenbauwissenschaft, Bd. 5, 1931, S. 226, 2 Abb.

Als Erreger einer an Keimpflanzen von *Cereus-*, *Echinocactus-*, *Mamillaria-* und *Echinocereus*-Arten aufgetretenen Krankheit wird eine *Helminthosporium*-Art als *Helminthosporium cactivorum* neu benannt und eingehend beschrieben. Versuche über die Anfälligkeit der verschiedenen Kakteenarten und zur Bekämpfung des Schädlings wurden durchgeführt. Überbrausen der Pflänzchen mit einer 2%igen Kupferkalkbrühe in Verbindung mit vorsichtigem Gießen nach rechtzeitigem Entfernen der befallenen Sämlinge, in schlimmen Fällen mit nachfolgendem Pikieren, hat sich als wirksame Maßnahme gegen den Pilz erwiesen. Durch eine *Fusarium*-Art wurde bei verschiedenen Cacteenarten eine wässerige Stammfäule an jüngeren Pflanzen hervorgerufen. Auch in diesem Falle ließ sich der Pilz durch sofortiges Entfernen aller krankheitsverdächtigen Pflänzchen und wiederholte Anwendung einer 2%igen Kupferkalkbrühe bei möglichster Beschränkung der Bodenfeuchtigkeit wirksam bekämpfen. An *Echinocactus Quehlianus* und *Opuntia diademata* var. *papyracantha* wurde eine als Schorf bezeichnete Krankheitserscheinung beobachtet, die durch 2 verschiedene, anscheinend noch unbekannte Pilze hervorgerufen war. Sie gehören zu den dothidealen Pyrenomyceten; eine genauere Bestimmung war nicht möglich. Schließlich wird noch von einer an Kakteen und anderen Sukkulenten festgestellten *Botrytis*-Fäule berichtet. Zu hohe Luftfeuchtigkeit in Verbindung mit zu niedriger Temperatur schufen die Vorbedingungen für das besonders in einem Falle verbreitete Auftreten von *Botrytis* an den Sukkulenten-Jungpflanzen.

Elßmann.

**Osterwalder, A. Die Nectria-Kelchfäule an Äpfeln.** Die Gartenbauwissenschaft, Bd. 5, 1931, S. 469, 5 Abb.

Der Inhalt der Arbeit ist in der Hauptsache eine Bestätigung der Beobachtungen und Untersuchungsergebnisse von C. Ferdinandsen (Angewandte Botanik, Bd. IV, 1922, S. 173: Über einen Angriff von Krebs (*Fusarium Willkommii* Lindau) an Apfel- und Birnenfrüchten) und bringt einige Ergänzungen dazu. Verfasser hat die *Nectria*-Fäule (*Nectria galligena*) in mehreren Jahren, verhältnismäßig stark 1930 an verschiedenen Apfelsorten festgestellt. Elßmann.

**Flachs, K. Durch Sclerotinia minor Jagg. hervorgerufene Salatfäule und Versuche zu ihrer Bekämpfung.** Die Gartenbauwissenschaft, Bd. 5 (1931), S. 541, 5 Abb.

In den letzten Jahren trat in vielen Gartenbaubetrieben Bayerns die Salatfäule stark schädigend auf. Der Verfasser bespricht zunächst das Krank-

heitsbild und kennzeichnet dann die 3 in der Literatur als Erreger von Salatfäulen beschriebenen *Sclerotinia*-Arten: *Sclerotinia sclerotiorum* Sacc. et Trott., *Sclerotinia intermedia* Rams. und *Sclerotinia minor* Jagg. Untersuchungen über Morphologie und Biologie des hier vorliegenden Pilzes führen zu dem Ergebnis, daß er mit *Sclerotinia minor* Jagg. übereinstimmt. Eine Übertragung des Schädlings mit dem Saatgut scheint nicht zu erfolgen. Die Beizung des Saatgutes war ohne Einfluß auf den späteren Befall. Eine Abhängigkeit der Pilzentwicklung von der sauren bezw. der alkalischen Reaktion des Bodens ist nicht wahrscheinlich. Laboratoriumsversuche zeigten die Widerstandsfähigkeit der Sklerotien gegen viele chemische Mittel. Die mit verschiedenartiger Düngung im Mistbeetkasten und im Freiland durchgeführten Bekämpfungsversuche blieben ohne Erfolg. Wirksam erwies sich nur eine Bodendesinfektion sowohl mit Uspulun oder Germisan, wie mit Formalin und auch mit Essigsäure. Die Bodenbehandlung mit Uspulun oder Germisan ist für größere Flächen zu teuer. Die Wirkung von Formalin und Essigsäure in 1,5—2 %igen Lösungen (10—12 Liter je Quadratmeter) läßt sich durch Torfzusatz zum Boden noch verstärken. Voraussetzung für einen baldigen Erfolg der Bekämpfung ist die rechtzeitige Entfernung und Vernichtung der kranken Pflanzen. Bodendesinfektionsversuche mit strömendem Dampf sind in Aussicht genommen. Elßmann.

### e. Ustilagineen.

**Dodoff, N. and Kovachevsky, J. Preliminary study of the blast disease of rice in Bulgaria.** Bulgarian Agricult. Soc., Sofia, 1930, S. 1, 5 Taf. Bulgar. mit engl. Zusfg.

Der Reisbrand („blast", bulgarisch chalpun genannt) wird verursacht durch den Brandpilz *Piricularia oryzae* Br. et Cav. und durch das *Sclerotium oryzae* Catt., wobei in Bulgarien ersterer viel verbreiteter ist als letzteres. Vom infizierten Stroh wurde auch das *Sclerotium* Nr. 2 Sakurai's isoliert. Der frühe Tod der infizierten Pflanzen bewirkt so geringe Ernte, daß die Reispflanze für Bulgarien unrentabel erscheint. Ende Juli bis Augustbeginn sieht man die stärksten Krankheitssymptome, die Flecken und Fäule. Zuerst befallen die Pilze die Pflanzen auf dem besten Boden oder die nächst den Wasserquellen stehen. Da im Lande der Reis nicht überpflanzt wird, sondern direkt auf das Feld gesät wird, wurden die Pilze an Sämlingen nie bemerkt. Anhaltender Regen, leichter Nebel, bedeckter Himmel fördern die Krankheit. Pflanzen auf jungfräulichem Boden oder ehemaligen Luzernefeldern und die beschatteten (auch von Unkraut) leiden am meisten. Hoher und dichter Wuchs der Pflanzen verursacht eine größere relative Feuchtigkeit der Luft — und dies scheint eine notwendige Vorbedingung für das Auftreten der Krankheit zu sein. — *Piricularia* überwintert als Konidie, die trocken gehalten noch nach 17 Monaten keimfähig bleibt; das Myzel des Pilzes lebt in den erkrankten Knollen länger als 28 Monate. Maßnahmen gegen die Krankheit: Gut gelüftete Felder, Fruchtwechsel mit Kulturpflanzen, die trockenen Boden lieben, Einfuhr von resistenten Sorten, Isolieren des befallenen Feldes. — *Sclerospora macrospora* Sacc. und der sog. straighthead spielen im Lande eine sehr geringe Rolle. Matouschek.

### f. Uredineen.

**Ashworth, D. Puccinia Malvacearum in monosporidial culture.** Trans. Brit. Mycol. Soc., Bd. XVI, 1931, S. 177—202, mit 2 Taf. und 7 Textabb.

Mittels Einsporinfektionen ist es bewiesen worden, daß *Puccinia Malvacearum* homothallisch ist; bei diesen Impfversuchen hing die Entwicklungszeit von der Temperatur ab. Kurz nach der Bildung eines Sporidiums wird dies zweikernig. Der Keimschlauch dringt durch die Epidermis in das Blatt hinein, wo er sich bald in drei oder vier einkernige Zellen teilt; es entsteht dann ein inter- und intra-zellulares Myzel mit Haustorien in allen Geweben. Nachdem die Hyphen die Unterepidermis erreicht haben, bilden sie durch Verzweigungen ein Sporenlager, dessen Zellen jetzt zweikernig werden; Teleutosporen entwickeln sich darauf und zerreißen die Epidermis. Es folgen genaue Angaben über die Keimung der Sporen unter verschiedenen Bedingungen. Im Winter geht der Lebenszyklus etwas langsamer vor, aber neue Infektionen finden trotzdem immer wieder statt.

Mary J. F. Gregor, Edinburgh.

**Schilberszky, K. Der Berberitzenstrauch und die Schwarzrostfrage.** Phytopath. Z., 1930, S. 615, 2 Abbild.

Nur *Berberis vulgaris* und *Mahonia aquifolium* sind die aezidientragenden Wirte der *Puccinia graminis* Pers. Infizierbar sind nur deren ganz junge Blätter. Die Infektion der Basidiospore auf den Wirtspflanzen erfolgt auf mechanische Weise durch die dünne und zarte Epidermiswand. Die ebenfalls durch die Keimung dieser Sporen entstehenden haploiden Pykniden (Spermogonien) spielen im Entwicklungsgang des Pilzes keine Rolle; ihr genetisches Verhalten ist unbekannt. Aus der Infektion der diploiden Aecidiosporen gehen Uredolager hervor, denen weitere Uredogenerationen folgen. Man findet diese in Ungarn oft bis in den Spätherbst am Wintergetreide oder an ausdauernden Wildgräsern. Schon 2 Wochen nach den ersten Uredosporen bilden sich die Teleutosporen, die erst später, nach Überwinterung unter natürlichen Umständen, keimen können. Teleutosporen, in Scheune oder Speicher auf Stroh überwinternd, bilden für die nächstjährige Ernte keine Gefahr. Wärmeres Wetter hemmt eher den keimfähigen Zustand der Teleutosporen als kälteres. In beständig frostfreien Wintern kann der Pilz durch Uredosporen überwintern, die dann im Frühjahr die Primärinfektion einleiten. Spät entstandene Uredosporen in Gegenden mit rauhen Wintern bleiben lebensfähig auf Stallmistdüngerhaufen oder auf Tierleichen auf dem Felde wegen der hierbei gebildeten Wärme. Auch eine beständige Schneedecke schützt spät entstandene solche Sporen. Nach Ungarn gelangen durch südöstliche und südwestliche Winde Uredosporen aus weiten Gegenden, z. B. Oberitalien, Vorderasien. Die Vernichtung der Berberitze wirkt auf das Überhandnehmen des Schwarzrostes $\pm$ mäßigend ein. Matouschek.

**Goulden, C. H., Newton, M. and Brown, A. M. The reaction of wheat varieties at two stages of maturity to sixteen physiologic forms of Puccinia graminis tritici.** Scient. Agricult., 1930, S. 9.

Man prüfte 14 Sommerweizensorten gegenüber 16 physiologischen Formen von *Puccinia graminis* im Keimpflanzenstadium und kurz nach dem Ährenschieben. Die beste und schnellste Infektionsmethode bei alten Pflanzen ist das Bestreichen der angefeuchteten Blätter mit Uredosporen mit den Fingern. Die Befallsbeurteilung geschah nach einem ausgearbeiteten Bestimmungsschlüssel. Nach den Reaktionsweisen der Sorten stellten Verfasser 3 Gruppen auf: 1. Die Sorten werden im Keimpflanzen- und Altersstadium gleich befallen, also anfällige Sorten bleiben anfällig, resistente resistent. 2. Anfällige Sorten werden im Alter resistent. 3. In dieser Gruppe lassen

die Sorten keinen Zusammenhang zwischen Keimpflanzen- und Altersresistenz gegenüber den einzelnen Pilzrassen erkennen. Diese Resultate sprechen in einigen Punkten für die Gegenwart einer „funktionalen Resistenz", d. h. für eine sorten- und altersspezifische Reaktionsfähigkeit der Spaltöffnungen. Bei Sorten, welche folgenden typischen Lokalbefall nicht zeigen, verwenden Verfasser den Ausdruck „regionale Resistenz". Diese Art des Befalles besteht in sehr großen Rostbefallszonen über den Halmknoten oder zwischen der obersten Blatt- und Ährenansatzstelle. — Die Arbeit ist für Züchtungsfragen insofern von Wichtigkeit, weil die Keimungsresistenz sich nach einem anderen Erbmodus vererbt als die Altersresistenz. Matouschek.

**Wiesmann, Robert. Untersuchungen über Apfel- und Birnschorfpilz Fusicladium dendriticum (Wallr.) Fckl. und Fusicladium pirinum (Lib.) Fckl. sowie die Schorfanfälligkeit einzelner Apfel- und Birnsorten.** Landw. Jahrb. d. Schweiz., 1931, S. 109, 4 Doppeltaf. u. Diagramme.

Die in Reinkultur gezüchteten Apfel- und Birnschorfpilze, gewonnen von schorfigen Trieben und infizierten Blättern, unterscheiden sich in ihrem physiologischen Verhalten in verschiedenen Kulturmedien deutlich von einander in bezug auf Wachstumsintensität, -form, Sporenproduktionsvermögen und die Fähigkeit, die Gelatine zu verflüssigen, wenn sie in 15 % Gelatine + 10 % Wasserbirnensaft bei 18° C gezüchtet werden. In verdünntem Wasserbirnen- und Traubensaft zeigten sich bei den verschiedenen Reinkulturen beider Schorfpilzarten Unterschiede im Wachstum, Farbe und Form des Myzels, Farbveränderung des Substrates und in der Säureabnahme dieses. Die Wachstumsoptima der einzelnen Reinzuchten liegen beim erstgenannten Pilze in ganz verschiedenen Säurekonzentrationen, beim zweiten Pilze im neutralen Hefeauszug. Morphologische Unterschiede gibt es bei den von verschiedenen Sorten stammenden Pilzen stets; sie beschränken sich beim *Fus. pirinum* auf die Konidienlängen, beim *F. dendriticum* auch auf Unterschiede in der Sporenform. Man hat es also deutlich mit von einander unterscheidbaren Rassen zu tun. Die Schorfkonidien, die von einer bestimmten Apfel- oder Birnsorte stammen, vermögen die Blätter dieser selben Apfel- bezw. Birnsorte bedeutend besser zu infizieren, als die Blätter anderer Apfel- bezw. Birnsorten, die Verfasser als Nebenwirte bezeichnet. Diese werden verschieden stark befallen, woraus man einige Schlüsse über die Schorfanfälligkeit einzelner Apfel- bezw. Birnsorten ziehen kann. Beim Apfelschorf scheint es, daß zwischen der Säureempfindlichkeit der reingezüchteten Schorfrassen und ihrer Agressivität auf ihre Haupt- und Nebenwirte eine bestimmte Korrelation bestehe. Matouschek.

**Gassner, G. und Straib, W. Über das Auftreten einer neuen Gelbrostform auf Weizen.** Züchter, 1930, S. 313.

„Heines Kolbensommerweizen" und „Rümkers Sommerdickkopf" sind gegenüber dem „Gelbroststamm Schlanstedt" hochresistent, werden aber von dem neuen, in Sachsen gefundenen „Stamm Emersleben" stark befallen. Umgekehrt verhält sich „Strubes Dickkopfweizen". Ähnlich wie der Stamm Emersleben verhält sich eine Gelbrostherkunft aus dem nahe bei Emersleben gelegenen Hadmersleben. Die Befallsunterschiede führen die Verfasser dazu, zwei verschiedene Gelbrostrassen bei *Puccinia glumarum tritici* anzunehmen. Matouschek.

#### g. Hymenomyceten.

**Smiths, M. B. Forschungen über die Kokospalme.** Internat. Landw. Rundschau, Teil I, 1930, S. 403.

In den malaiischen Kokospalmenpflanzungen tritt eine Knospenfäule (bud-rot) auf, deren Erreger vielleicht *Marasmius palmivorus* Sharples ist. Unter ihr haben Öl- und Zwergpalmen stärker zu leiden als hohe Palmarten. Einzige Bekämpfungsmittel: Entfernen der Pflanzenreste zwischen den Blattstielen, Fällen der vom Pilz befallenen Bäume. Jedenfalls sind Dränage und Lüftung des Bodens das wichtigste Vorbeugungsmittel. Matouschek.

## C. Beschädigungen und Erkrankungen durch Tiere.

### 1. Durch niedere Tiere.

#### a. Würmer (Nematoden und Regenwürmer usw.).

**Goffart, H. Beobachtungen über pflanzenschädigende Nematoden an Gartenpflanzen.** Die Gartenbauwissenschaft Bd. 5 (1931), S. 353, 1 Abb.

*Anguillulina dipsaci*, das Stockälchen, rief an *Phlox decussata* außer den schon bekannten Erscheinungen eine auffallend starke Verdickung des Stengelgrundes hervor und wurde auch in Blättern von *Anemone japonica* festgestellt. Als neue Wirtspflanzen von *Aphelenchus ritzemabosi*, dem Chrysanthemenälchen, werden *Doronicum spec.*, *Adenostyles alpina*, *Elsholzia patrinii*, *Ocinum spec.* und *Valeriana montana* genannt. Auch in Blättern von *Ranunculus repens* auf Wiesenland wurde das *Chrysanthemum*-Älchen erstmalig beobachtet. In trocken aufbewahrten *Crysanthemum*-Blättern waren einzelne Älchen nach 3 Jahren noch lebensfähig. *Rhabditis brevispina* wurde in einer kleineren Form (var. *minor*) in Hyazinthenzwiebelschuppen festgestellt.

Elßmann.

#### d. Insekten.

**Puster. Der Maikäfer im Bienwalde.** Forstwiss. Centralbl., 1931, S. 457.

Der 3. und letzte ordnungsgemäße Fang (1911) entlastete den Revierteil Kandel-Süd des Bienwaldes um 22 Millionen Maikäfer, die Baumwurzeln um 220 Millionen Engerlinge und brachte dem Amte die waldbauliche Freiheit. Nach der Franzosenmißwirtschaft wurden aber 70 ha 2—6jähriger Kulturen vom Engerling ganz zerstört. 1931 hat die bayerische Regierung in der Pfalz den Kampf mit dem Fangtuch-Verfahren des Verfassers wieder begonnen. Der Wald ist zu halten, wenn alle 4 Jahre der Käfer bekämpft wird. Nur sind folgende Maßnahmen vorzunehmen: Da Wind- und Schneebruchlücken stets Anfangsherde der Maikäferentwicklung sind, muß man diese Lücken mit geeigneten Holzarten rasch auspflanzen. Je lichter der Schluß, desto dichter der Engerlingsbelag; um der Verlichtung vorzubeugen, sind reine Kiefern in Beständen und Horsten nach der ersten Läuterung im Alter von 20—30 Jahren mit Rotbuche und Fichte zu unterbauen. Durchforstungen auf dem Trockenteil des Bienwaldes sind früh, mäßig und oft vorzunehmen, da der größte Feind des Maikäfers immer der geschlossene Wald ist. Der Genuß arsenbestäubter Blätter hat auf den Käfer und dessen Nachkommen keinen nachweisbaren Einfluß. Die einzig wirksamen und sicheren Bekämpfungsmittel gegen den Käfer sind das Fangtuch und der Kalkstaub zur Verwitterung (Saatbeete). Die Bekämpfung des Insekts in der Ei-, Larven- oder Puppenform ist eine ebenso teure als nutzlose Geldausgabe!

Matouschek.

## Käfer.

**Butovitsch, V. Beiträge zur Bekämpfung und Biologie des großen braunen Rüsselkäfers Hylobius abietis L. I. Teil: Wirtschaftl. Maßnahmen.** Mitt. aus Forstwirtsch. u. Forstwiss., 1931, S. 434.

Jede Schlagfläche ist nach dem Einschlag im Frühjahr mit einem Rüsselkäfergraben zu umgeben. Alle 10 m ist ein 20—25 cm tiefes Loch zu graben. Die Gruben sind bis zu $^3/_4$ m mit frischem Kieferreisig zu füllen, das zusammengetreten wird. Mit Ca-Arsenat ist das Reisig zu bestäuben. Zweimal ist das Reisig in einer Fangperiode zu erneuern. Matouschek.

**Fuchs, Gilbert. Die Genera 1. Rhabditolaimus Fuchs. 2. Neodiplogaster Cobb. 3. Tylenchodon Fuchs.** Centralbl. f. d. gesamte Forstwesen, 1931, S. 177, 9 Abb.

Die Biologie der zu den genannten Gattungen gehörenden Nematoden hängt mit der der Käfer zusammen: Sie bilden Dauerlarven, die sich am oder im Käfer, z. B. *Pissodes pini*, aufhalten. Bei der Eiablage gelangen sie an den Ort der neuen Brut, wo sich wieder Geschlechtsgenerationen entwickeln, deren Dauerlarven sich an die Langlebigkeit der Käfer anpassen. Legt der Käfer durch 2 Jahre oft Eier, so beherbergt er zuletzt keine Dauerlarven; spätere Bruten sind nematodenfrei. — Anders liegen die Verhältnisse beim *Piss. strobi* zu *Neodiplogaster pinicola* in N.-Amerika: Unter den Flügeln des Käfers hält sich der Wurm auf, so daß man ihn in allen Gängen findet. Bei der Eiablage gelangen die Würmer in die Eigruben, sie verursachen die hohe Sterblichkeit der Käfereier und -larven. — Verfasser hält die Nematoden in den Brutgängen baumbewohnender Käfer für echte Ektoparasiten, da sie einen scharfen, beweglichen Stachel haben. Natürlich gibt es in den Käfergängen auch andere Schädiger: Larven von Wanzen, Zweiflüglern, Raubkäfern, Milben, Pilze, Bakterien. Auf den Käfer wirkt auch die Trocknis in den dünnen Zweigen schädlich. Folgende neue Nematodenarten aus der österr. Republik beschreibt Verfasser: *Rhabditolaimus picei* im Mulm bei *Hylobius piceus* an Lärche, *Rh. pini* in den Gängen von *Pissodes pini* unter der Stammrinde der Rotkiefer, *Rhabdontolaimus* (subgen. nov.) *carinthiacus* im Mulm einer Bockkäferart in der Fichte, *Rhabdont. haslacheri* in Gängen des *Scolytus mali* unter Apfelbaumrinde. Matouschek.

## Schnabelkerve (bes. Läuse, Wanzen, Blattflöhe, Zirpen usw.).

**Werneck, H. L. Die Anzucht der Blutlausschlupfwespe (Aphelinus mali Haldem.) auf ökologischer Grundlage.** Die Gartenbauwissenschaft, Bd, 5. 1931, S. 250.

Verfasser weist darauf hin, daß bei der Einführung des Blutlausparasiten *Aphelinus mali* nach Europa der ökologische Gesichtspunkt keine Beachtung gefunden habe, und hält es für möglich, daß die Schwierigkeiten einer weiteren Verbreitung von *Aphelinus mali* in den mittel- und osteuropäischen Ländern darin begründet sind. Er regt daher an, baldigst die Übertragung von Material des Blutlausparasiten aus bestimmten Bezirken Nordamerikas in ökologisch möglichst gleichartige Gebiete Europas planmäßig durchzuführen, um dort die Verbreitung und Ansiedlung der einzelnen Rassengruppen im Freien und ihre Leistung in der Niederhaltung der Blutlausplage zu beobachten.

Elßmann.

Verlag von Eugen Ulmer in Stuttgart. — Druck von Ungeheuer & Ulmer, Ludwigsburg.